

2017

## Potencial del retamo espinoso *Ulex europaeus* L. como materia prima para la elaboración de agromantos, según su resistencia a la tracción

Sneyder Gerley Mora Cuchimba  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil)



Part of the [Civil Engineering Commons](#)

---

### Citación recomendada

Mora Cuchimba, S. G. (2017). Potencial del retamo espinoso *Ulex europaeus* L. como materia prima para la elaboración de agromantos, según su resistencia a la tracción. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/320](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/320)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Civil by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

POTENCIAL DEL RETAMO ESPINOSO (*ULEX EUROPAEUS L.*) COMO MATERIA  
PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE AGROMANTOS, SEGÚN SU RESISTENCIA  
A LA TRACCIÓN.

SNEYDER GERLEY MORA CUCHIMBA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C

2017

POTENCIAL DEL RETAMO ESPINOSO (*ULEX EUROPAEUS L.*) COMO MATERIA  
PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE AGROMANTOS, SEGÚN SU RESISTENCIA  
A LA TRACCIÓN.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Director temático

Msc ALEJANDRO FRANCO ROJAS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C

2017

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por ser el principal partícipe de mi vida, a mi tutor de proyecto de grado, Ingeniero Alejandro Franco Rojas docente de la Universidad de la Salle, por el tiempo invertido, dedicación y apoyo; A mis padres, por ofrecerme su apoyo incondicional con estudiar una carrera profesional, por brindarme palabras de aliento cuando más lo necesitaba, a mi novia y amigos por que fueron parte de este proceso, y compartieron su sabiduría para beneficio de todos y a la Universidad de la Salle, por permitirme formarme como profesional.

Gracias a todos...

## **Dedicatoria**

*Inicialmente a Dios quien es el guía de mi camino.*

*A mis padres Luis Eduardo Mora y Luz Marina Cuchimba por su apoyo incondicional para  
ser profesional, por ser mi impulso, mi fortaleza, por su comprensión y sabiduría, y por  
guiarme en cada etapa de mi vida.*

*Sneyder Gerley Mora Cuchimba*

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION .....	10
1.1	Descripción del Problema: .....	11
1.2	Formulación del problema .....	12
2	OBJETIVOS .....	12
3	JUSTIFICACIÓN.....	13
4	MARCOS DE REFERENCIA .....	13
4.1	MARCO TEÓRICO.....	13
4.1.1	El uso de fibras naturales para el control de la erosión .....	13
4.1.2	Retamo Espinoso (Ulex Europaeus L.).....	20
4.1.3	USOS DEL RETAMO ESPINOSO .....	21
4.2	MARCO CONCEPTUAL .....	22
4.2.1	Retamo espinoso.....	22
4.2.2	Madera .....	22
4.2.3	Suelo.....	23
4.2.4	Degradación de suelos .....	23
4.2.5	Degradación de suelos por erosión.....	24
4.2.6	Resistencia a la Tracción.....	24
4.3	MARCO LEGAL .....	25
4.3.1	Constitución política de Colombia 1991 .....	25
4.3.2	Ley 99 de 1993 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible .....	25
4.3.3	Ley 2811 de 1974 .....	25
5	ANTECEDENTES .....	26
6	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
6.1	Muestras utilizadas .....	29
6.2	Preparación de las ramas .....	31
6.3	Ensayo de Tensión.....	33
7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZADO .....	35
8	RESULTADOS OBTENIDOS .....	36
8.1	Selección y preparación de ramas de diferentes diámetros de retamo espinoso para el desarrollo de ensayos de tensión. ....	36

8.2	Determinación de la resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso en sus distintos diámetros, tiempo se secado y condiciones de humedad posterior al secado. ....	38
8.2.1	Resultados de las muestras de 2mm de diámetro, con los tiempos establecidos de secado. ....	38
8.2.2	Resultados de las muestras de 5mm de diámetro, con los tiempos establecidos de secado. ....	41
8.2.3	Resultados de las muestras de 7mm de diámetro, con los tiempos establecidos de secado. ....	44
8.2.4	Comportamiento y variación de la tensión según el diámetro de las ramas.....	47
8.3	Comparación de los resultados de resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso con la resistencia de las fibras de fique y las raíces de algunas plantas reportados en fuentes secundarias. ....	56
9	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	60
10	CONCLUSIONES .....	65
11	RECOMENDACIONES .....	66
12	BIBLIOGRAFIA .....	67
13	ANEXOS .....	69

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades de la madera.....	19
Tabla 2: Usos del Retamo espinoso .....	21
Tabla 3. Características de los haces de fibra de fique.....	26
Tabla 4: Estudios de fibras de fique .....	28
Tabla 5: Estudios de fibras de fique .....	28
Tabla 6: Estudios de fibras de fique .....	28
Tabla 7: Variables y cantidad de ensayos por cada condición de secado. ....	36
Tabla 8: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras de 2mm de diámetro ..	40
Tabla 9: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras de 5mm de diámetro ..	43
Tabla 10: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras de 5mm de diámetro	46
Tabla 11: Valores de carga de tensión de raíces de otras plantas.....	56
Tabla 12: Resistencia a la tensión de raíces de otras especies de pantas.....	59
Tabla 13: Características del fique. ....	60
Tabla 14: Resistencia máxima a la tensión del retamo espinoso.....	60
Tabla 15: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras, con los diferentes tiempos de secado. ....	61
Tabla 17: Clasificación resistencia a la tensión.....	62
Tabla 16: Valores de tensión de las ramas de retamos según tiempo de secado y diámetro.....	63



## CONTENIDO DE GRAFICAS

Grafica 1: Resistencia a la tensión contra el diámetro de la raíz.....	16
Grafica 2: Resistencia a la tensión y deformación a la rotura de las raíces de algunas especies tropicales. ....	17
Grafica 3. Variación de las propiedades de flexión frente al contenido de fibras para laminados de fibra de 30 mm de longitud no tratados.....	27
Grafica 4 . Propiedades de tracción de fibras sin tratar y tratadas .....	27
Grafica 5: grafico de cajas y bigotes de la tensión vs semanas de secado a temperatura ambiente de las ramas de 2mm de diámetro.....	39
Grafica 6: Resistencia a la tensión vs semanas de secado para muestras de 2 mm de diámetro.....	41
Grafica 7: grafico de cajas y bigotes de la tensión vs semanas de secado a temperatura ambiente de las ramas de 5 mm de diámetro.....	42
Grafica 8: Resistencia a la tensión vs semanas de secado para muestras de 5 mm de diámetro.....	44
Grafica 9: grafico de cajas y bigotes de la tensión vs semanas de secado a temperatura ambiente de las ramas de 7 mm de diámetro.....	45
Grafica 10: Resistencia a la tensión vs semanas de secado para muestras de 7 mm de diámetro....	47
Grafica 11: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas.....	48
Grafica 12: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas a diferentes tiempos de secado .....	49
Grafica 13: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas.....	50
Grafica 14: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas a diferentes tiempos de secado .....	51
Grafica 15: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas.....	52
Grafica 16: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas a diferentes tiempos de secado .....	53
Grafica 17: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas en el horno.....	54
Grafica 18: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas secadas en horno 24 horas .....	55
Grafica 19: Resistencia a la tensión contra el diámetro de la raíz.....	58
Grafica 20: Resistencia a la tensión contra el diámetro de la raíces de retamo espinoso.....	58

## CONTENIDO DE IMÁGENES

Imagen 1: agromanto con fibra de fique .....	15
Imagen 2: Retamo Espinoso (Ulex Europaeus L.).....	20
Imagen 3: Zona donde se tomaron las ramas de retamo espinoso. ....	29
Imagen 4: Lugar recolección retamo espinoso.....	30
Imagen 5: Lugar recolección retamo espinoso.....	30
Imagen 6: Proceso de preparación de la rama sin espinas. ....	31
Imagen 7: Proceso de preparación de las ramas para enterrar.....	32
Imagen 8 : Proceso de las ramas para enterrar. ....	32
Imagen 9 : Proceso de sacar las ramas tras el tiempo de humedecimiento (1 y 2 meses).....	33
Imagen 10: Ensayo de tensión de la rama en la máquina universal. ....	34
Imagen 11: Falla de la rama de retamo sometida al ensayo de tensión.....	34
Imagen 12 : Rama de retamo espinoso en la máquina universal.....	34
Imagen 13: Falla de la rama de retamo espinoso en el ensayo de tensión. ....	34

## CONTENIDO DE ECUACIONES

Ecuación 1: Esfuerzo de tensión .....	35
Ecuación 2: Área de un círculo. ....	38

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 : Ilustración de fuerzas en una fibra de madera .....	18
--	----

## 1 INTRODUCCION

El principal aporte de este proyecto fue la evaluación y análisis de las ramas de retamo espinoso (*Ulex Europaeus L.*) para un posible potencial de material para la elaboración de agromantos, se llevó a cabo la recolección de ramas de retamo espinoso y se realizó ensayos de tensión, para este procedimiento se determinó diámetros de estudio y condiciones de secado los cuales se muestran en el contenido del proyecto. Uno de los hallazgos importantes fue que esta rama a mayor tiempo de secado llega a tener una resistencia grande.

La erosión de suelos ha avanzado de forma severa en los últimos años en Colombia; así lo reveló el estudio adelantado por el IDEAM, según el cual para el año 2015 el 40% de los suelos ya se habían erosionado afectando el desarrollo del medio ambiente y de la economía, y reduciendo la capacidad productiva de la tierra. (Franco, 2015)

Una de las alternativas para la mitigación de la erosión en zonas de ladera es la protección del suelo con agromantos, que están conformados por fibras naturales, degradables y resistentes a los químicos que habitan en el ambiente natural del suelo. Se emplean donde la vegetación, por sí sola, provee suficiente protección contra la erosión y en principio solo se requiere favorecer el desarrollo inicial de la cobertura vegetal. Los mantos que se emplean para estos casos tienen las propiedades necesarias para reforzar la vegetación y proteger el suelo, bajo las condiciones naturales del sitio. Su durabilidad funcional es menor a los 36 meses y posteriormente se degradan e integran al medio natural (PAVCO, 2012)

En Colombia, el Retamo Espinoso (*Ulex Europaeus L.*) se ha convertido en una de las principales especies invasoras sin que hasta el momento se haya encontrado un

mecanismo que haga viable su control y aprovechamiento, este contexto, con este proyecto se determinó el potencial que tiene el Retamo Espinoso (*Ulex Europaeus L.*) para que sea utilizado como materia prima para la elaboración de agromantos, aportando de paso a mitigar la pérdida de suelos por erosión y a controlar la expansión de esta especie.

Para lograr este propósito, se realizaron ensayos de resistencia a la tensión de ramas de retamo espinoso, para distintas combinaciones de: diámetro (1 a 10 mm), tiempo de secado (horno, 1 semana, 2 semanas y 1 mes) y condiciones de humedad posterior al secado. Los resultados obtenidos de este proyecto mostraron una resistencia a la tracción por debajo de un agromanto comercial, se podrá realizar un aporte hacia la identificación de un nuevo uso sostenible para el retamo espinoso en cuanto a la mitigación de la erosión del suelo.

## **1.1 Descripción del Problema:**

A nivel mundial el control de la degradación de los suelos es considerado uno de los grandes desafíos de cara al desarrollo sostenible, y particularmente en el contexto Colombiano donde el IDEAM reporta que para el 2015 el 40% del territorio nacional (un total de 22 millones de hectáreas) ya se había erosionado; acarreando entre otros impactos, reducción de la capacidad productiva de los suelos.

Aunque se reconoce ampliamente el aporte de la vegetación en el control de la erosión y la estabilidad de taludes, cuando el suelo está desnudo se dificulta el desarrollo inicial de la cobertura vegetal. Para mitigar esta condición se han implementado estrategias como la protección superficial con mulching y agromantos como los de fibra de fique, entre otros; éstos mantos ofrecen buenos desempeños para manejar el agua como agente erosivo,

capturan más humedad vital para el desarrollo de la vegetación y crean microclimas debajo de él, favoreciendo la germinación y crecimiento de la vegetación y finalmente se incorpora al biodegradarse a la estructura del suelo orgánico (TELLO, s.f.).

*Algunas características del Retamo Espinoso (Ulex europaeus) como son su fácil dispersión, desarrollo en ramas de longitudinales y carácter invasivo, lo hacen atractivo como materia prima para el desarrollo de agromantos, sin embargo se desconocen sus propiedades físico-mecánicas fundamentales, como lo es la resistencia a la tracción.*

## **1.2 Formulación del problema**

¿De acuerdo a la resistencia a la tracción, cual es el potencial que tiene el retamo espinoso para ser utilizado como materia prima para la elaboración de agromantos?

## **2 OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

- Analizar el potencial que tiene el retamo espinoso para que sea utilizado como materia prima para la elaboración de agromantos, según su resistencia a la tracción.

### **ESPECÍFICOS:**

- Seleccionar y preparar ramas de diferentes diámetros de retamo espinoso para el desarrollo de ensayos de tensión.
- Determinar la resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso para distintas combinaciones de diámetro, tiempo de secado y condiciones de humedad posterior al secado.

- Comparar los resultados de resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso con la resistencia de las fibras de fique y las raíces de algunas plantas reportados en fuentes secundarias.

### **3 JUSTIFICACIÓN**

Debido a que cada día aumenta el porcentaje de tierra erosionada y disminuye su capacidad productiva, resulta necesario plantear posibles soluciones para disminuir la erosión del suelo, además de actuar en cuanto a la invasión del retamo espinoso; planta que ya ha invadido las cordilleras y se encuentra en el Páramo de Sumapaz, amenazando con acabar con la vegetación nativa, por tanto se analizó la resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso, para aprovechar su oferta y mitigar la erosión de los suelos.

### **4 MARCOS DE REFERENCIA**

#### **4.1 MARCO TEÓRICO**

##### **4.1.1 El uso de fibras naturales para el control de la erosión**

En lo corrido del 2017 se han presentado casos de erosión de suelos severos que han causado tanto desastres leves como graves, que nos afecta como ciudadanos y que afecta el medio ambiente. Según un artículo de El Tiempo, para el 2015 el 40 por ciento del territorio nacional se había erosionado, perdiendo su cobertura vegetal, de ese total 22 millones de hectáreas tienen erosión ligera y 19 millones presentan erosión moderada, representando en conjunto el 20 por ciento del territorio, ocasionando con ello una

reducción de la capacidad productiva de los suelos en más de un 5% pérdida de biodiversidad, reducción de la capacidad de regulación hídrica y reducción en la producción de alimentos. (Herrera, 2015)

Las principales causas de erosión se deben a que la tierra se expone a condiciones extremas como la intensidad de lluvias, la tala de árboles, la deforestación, incendios forestales o cambios inadecuados del uso de los suelos. Cuando se queman las coberturas vegetales se pierde la protección contra los agentes erosivos, en particular la agresividad de las lluvias y la escorrentía. Lo mismo sucede cuando la materia orgánica se pierde y degrada por las altas temperaturas, disminuyendo la resiliencia de los suelos, y por tanto la protección para evitar su pérdida por erosión. (Franco, 2015)

Entre los principales impactos de la erosión de los suelos se tienen la pérdida de sustrato de los terrenos con vocación para la agricultura, el aumento de sedimentos en las cuencas abastecedoras de agua embalsada para la producción de energía así como para acueductos municipales.

Con el pasar de los días han aparecido medidas para disminuir la erosión de los suelos, entre las cuales se encuentran los agromantos, siendo los de fibra de fique los más populares. Existen dos tipos de mantos de fibra de fique, primero están los no tejidos, cosidos a una o dos mallas también de fibra natural o sintéticas a manera de sándwich, este tipo de manto ofrece el mejor desempeño para manejar al agua como agente erosivo, además captura más humedad vital para el desarrollo de la vegetación, crea un microclima debajo de él favoreciendo la germinación y crecimiento de la vegetación y finalmente se incorpora al biodegradarse a la estructura del suelo orgánico. El otro tipo de manto es el tejido llamado muy comúnmente tela de costal, si bien este manto tiene normalmente mejor

resistencia a la tensión, su estructura hace más difícil que la vegetación lo traspase, no mitiga tanto el impacto de la gota de lluvia que explota contra el suelo ni retiene tan fácil las partículas de suelo que entran en movimiento; captura humedad y finalmente se degrada incorporándose al suelo. (TELLO, s.f.)



*Imagen 1: agromanto con fibra de fique*

*Fuente: PAVCO*

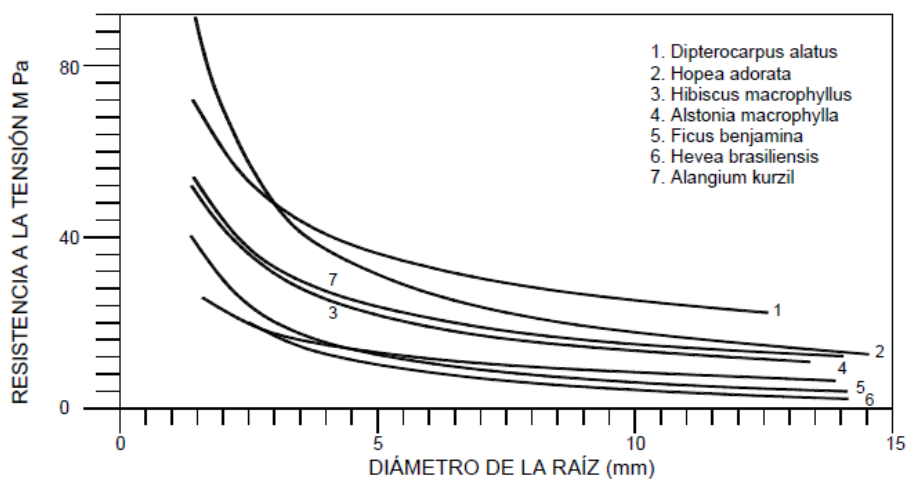
Otra de las alternativas es el acolchado o mulching, el cual consiste en cubrir el suelo con un manto tejido de residuos vegetales. Esto no solo beneficia al cultivo, sino que también beneficia al suelo en sí, protegiéndolo de radiaciones solares. Dentro de las ventajas se encontró que consigue sombra tanto al compost de superficie como a la tierra promoviendo una situación micro climática que aporta nitrógeno a nuestro suelo, impide en cierta medida la compresión de la tierra y facilita la aireación debido a su porosidad, mantiene niveles de humedad óptimos, con el acolchado se consigue una mejor estructura en el suelo, evita la incidencia de gran parte de las radiaciones ultravioleta que puedan dañar la flora microbiana de las capas superficiales, y por último como el acolchado es



materia orgánica, termina descomponiéndose y aportando nutrientes al suelo. (AGROMÁTICA, 2012)

Universalmente es reconocido el papel de la cobertura vegetal al control de la erosión, resaltando especialmente la capacidad para amortiguar la energía de las gotas de lluvia, el aumento de la infiltración, así como el incremento de la resistencia al cortante y la resistencia a la fuerza tractiva del agua producto del refuerzo de las raíces.

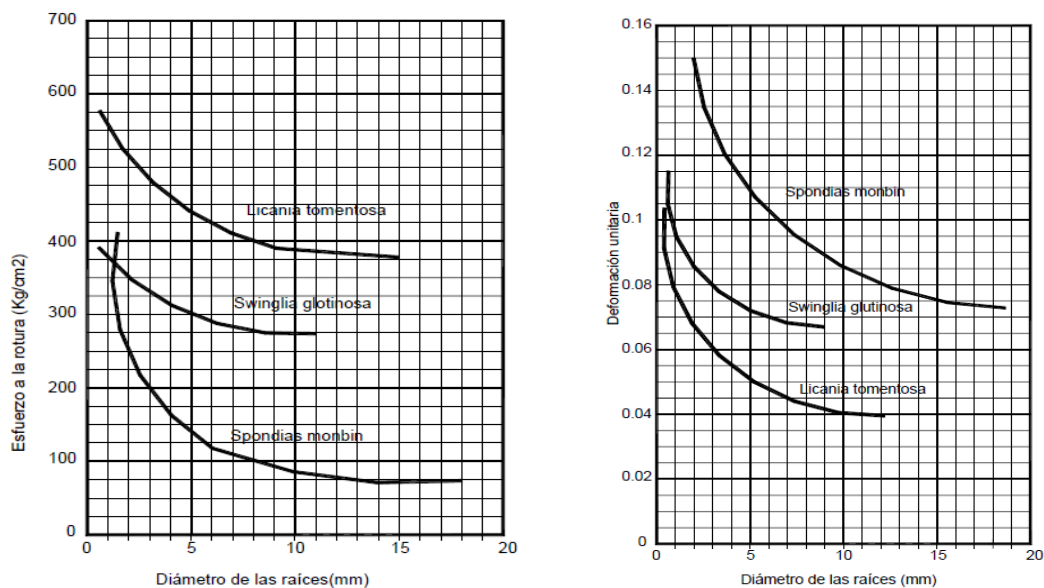
Los factores que más afectan la resistencia de las raíces son su diámetro, orientación y ambiente de suelo. La resistencia de las raíces generalmente se encuentra en el rango entre 5 y 40 MPa, siendo mayor en las raíces de menor diámetro (*ver Figura 1 y 2*), al respecto Leventhal y Mostyn (1987) indican que las raíces de diámetro menor a 20 mm son las más importantes para la estabilidad de un talud. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la resistencia de las raíces difiere mucho dependiendo de la especie, el clima y las dimensiones de las raíces.



*Grafica 1: Resistencia a la tensión contra el diámetro de la raíz*

*Fuente: Suarez, 2001 (Control de erosión en zonas tropicales)*

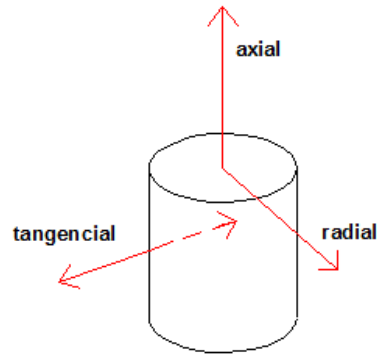
Otro factor relevante en los análisis de estabilidad es el módulo de deformación de las raíces, debido a que la resistencia total no se moviliza sino a deformaciones relativamente grandes.



*Grafica 2: Resistencia a la tensión y deformación a la rotura de las raíces de algunas especies tropicales.*

*Fuente: Suarez, 2012 (Deslizamientos: técnicas de remediación).*

La estructura macroscópica de la madera, según su desarrolló, da lugar a un material heterogéneo y anisótropo, por lo cual sus características y propiedades varían según la dirección del espacio que se considere. Desde el punto de vista físico-mecánico se consideran tres direcciones:



*Figura 1 : Ilustración de fuerzas en una fibra de madera*

*Fuente:(construcción, 2002)*

AXIAL	Paralela al eje del árbol;  Es la dirección donde la madera presenta sus propiedades fundamentales.
RADIAL	En el plano transversal al tronco, perpendicular a los anillos de crecimiento.
TANGENCIAL	En la sección transversal, pero tangente a los anillos.

La máxima resistencia a la compresión se obtiene en dirección axial, en tanto que en dirección radial o tangencial se produce rápidamente rotura. De igual forma, la máxima resistencia a la tracción se da en dirección axial, siendo considerablemente mayor a la compresión. Sin embargo, a flexión en los cortes radiales y tangenciales la madera tiene capacidad casi nula, provocando la rotura por aplastamiento de las fibras comprimidas y arrancamiento de las fibras traccionadas.

Un factor que altera considerablemente la resistencia de la madera es la humedad, en cuanto está demostrado que su resistencia a compresión disminuye al aumentar la humedad.

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la madera seca}} \times 100$$

Tipo de madera	Humedad	Manifestaciones
Árbol apeado  Madera verde     Secado natural	150 %	Agua en las células vasculares.   Espacio de agua libre.  En este secado no hay cambios de volumen ni variaciones de características físico mecánicas
Madera saturada	<b>30 %</b>  <b>Comienza la retracción</b>	Agua en las fibras.  Frontera de la tumidez (hinchazón).  El volumen de la pieza disminuye. Dureza y resistencia mecánica aumentan.  La humedad depende de las condiciones higrométricas del ambiente con el que el material está buscando estar en equilibrio. La estabilización es lenta varía con el clima, la estacionalidad y el ambiente.
	<b>22 %</b>  <b>MADERA COMERCIAL</b>  <b>MENTE SECA</b>	
	18 %	USOS ESTRUCTURALES.
<b>Límite del secado natural</b>	<b>15 %</b>	<b>Humedad a la que se calculan las tensiones admisibles y consideran otras propiedades.</b>
Secado artificial	12 %	Para uso bajo techo en ambiente seco.
	5 %	Humedad mínima sostenible naturalmente.
	0 % MADERA ANHIDRA	SIN USO EN LA CONSTRUCCION.

*Tabla 1: Propiedades de la madera*

*Fuente:(construcción, 2002)*

#### 4.1.2 Retamo Espinoso (*Ulex Europaeus* L.)

Dadas las características fisiológicas del Retamo Espinoso (*Ulex Europaeus* L.) es una planta nativa del noroeste de España y el centro de Portugal, principalmente cerca de la costa (Heywood y Ball, 1968), es un arbusto espinoso que normalmente crece a 2-7 m de altura (Lee et al. 1986); este crece erecto con tallos ascendentes. Tiene raíces laterales poco profundas que a menudo están fuertemente noduladas reproduciéndose a través de sus semillas y raíces, la mayoría de las semillas caen debajo del arbusto, pero una pequeña proporción es arrojada hasta 5 m (Hill et al., 1996). También capaz de regeneración vegetativa luego de daños como el fuego. (Clements, 2000).



*Imagen 2: Retamo Espinoso (Ulex Europaeus L.)*

*Fuente: propia*

### 4.1.3 USOS DEL RETAMO ESPINOSO

En la actualidad se reconocen al menos los siguientes usos para el retamo espinoso:

USOS DEL RETAMO ESPINOSO				
ANIMAL	AMBIENTAL	COMBUSTIBLE	COMIDA Y BEBIDA HUMANA	MATERIALES
Alimentación	Límite, barrera o soporte	Leña	Miel	Tinte
	Control de erosión			
	Mejora del paisaje			
	Revegetación			
Forraje	Sombra y refugio		Flora de la miel	
	Conservación del suelo			
	Protección contra el viento			

*Tabla 2: Usos del Retamo espinoso*

*Fuente: (Cabanzo, 2011)*

Sin embargo, este arbusto amenaza con desplazar plantas nativas de Colombia, según Ecofondo, para Bogotá y sus alrededores, advierte la pérdida de biodiversidad y, con ello, los hábitats propios de la fauna y la flora nativa. Además de no permitir la sucesión natural del bosque, el retamo espinoso se convierte en un riesgo latente para la generación de incendios forestales, debido a su baja humedad y gran cantidad de taninos, que a manera de "grasas" arden con facilidad y alimentan el fuego. (Ecofondo, 2013).

Por otra parte, un estudio de la Pontificia Universidad Javeriana, dice que en Colombia entre el 2007 y 2008, el retamo espinoso fue una de las especies que presentó mayor cantidad de registros en los Departamentos de Boyacá, Santander, Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Huila, Nariño, Tolima Caldas, Risaralda y Santander (Cabanzo, 2011).

## **4.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **4.2.1 Retamo espinoso**

(*Ulex europaeus* L.) Es una especie invasora altamente agresiva, no solo por sus característica espinas que de forma amenazante alejan a la población circundante y a la fauna doméstica, sino porque además, se apoderan rápidamente de grandes extensiones de terrenos. Esta especie se conoce fácilmente por su estructura arbustiva de entre 1 y 4 metros de altura, de follaje denso, hojas pequeñas y flores amarillas. La presencia de espinas es muy característico.

### **4.2.2 Madera**

La madera tiene características muy convenientes para su uso como material estructural y como tal se ha empleado desde los inicios de la civilización. Al contrario de la mayoría de los materiales estructurales, tiene resistencia a tensión superior a la de compresión, aunque esta última es también aceptablemente elevada. Su buena resistencia, su ligereza y su carácter de material natural renovable constituyen las principales cualidades de la madera para su empleo estructural. Su comportamiento es relativamente frágil en tensión y aceptablemente dúctil en compresión, en que la falla se debe al pandeo progresivo de las fibras que proporcionan la resistencia. El material es fuertemente anisotrópico, ya que su resistencia es notablemente mayor en la dirección de las fibras que en las ortogonales de ésta. Sus inconvenientes principales son la poca durabilidad en ambientes agresivos, que puede ser subsanada con un tratamiento apropiado, y la susceptibilidad al fuego, que puede reducirse sólo parcialmente con tratamientos

retardantes y más efectivamente protegiéndola con recubrimientos incombustibles.  
(ARQHYS, 2017)

#### **4.2.3 Suelo**

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural, finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones y prestando servicios ecosistémicos vitales para la sociedad y el planeta (MADS, 2015). Además, el suelo ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio, y se caracteriza por uno o varios horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (USDA, 2006). (Omar Franco Torres, Reinaldo Sánchez López, Carlos Eduardo Gómez Sánchez, Javier Otero García, José Alejandro Salamanca García, 2015)

#### **4.2.4 Degradación de suelos**

La degradación de los suelos y tierras se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicas y ambientales, ocasionada por procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004). En este sentido, la degradación de los suelos puede ser física, química y biológica. En la degradación física se destaca la erosión y la compactación; la primera es el objeto de este estudio y consiste en la pérdida físico-mecánica del suelo a causa del agua o del viento con daño en sus funciones y servicios ecosistémicos. (Franco et al., 2015)



#### **4.2.5 Degradación de suelos por erosión**

La erosión de los suelos se define como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos (Lal, 2001). La erosión es un proceso natural; sin embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas indebidas que lo aceleran, intensifican y magnifican. Por tanto, la definición de degradación de suelo por erosión, según el protocolo, corresponde a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el hombre, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” (IDEAM-UDCA, 2015).

#### **4.2.6 Resistencia a la Tracción**

Resistencia a la tracción (UTS), a menudo abreviado como resistencia a la tracción (TS) o resistencia a la rotura, es la tensión máxima que un material puede soportar, mientras se estira o se tira antes de la falla, que es cuando la muestra de la sección transversal empieza a sufrir deformación y rotura. Resistencia a la tracción es lo contrario de resistencia a la compresión y los valores normalmente ser muy diferentes según entre sí para un mismo material.

La UTS se encuentra generalmente mediante la realización de un ensayo de tracción y el registro de la tensión frente a la tensión, el punto más alto de la curva de tensión-deformación es la UTS. Es una propiedad intensiva, por lo que su valor no depende del tamaño de la muestra. Sin embargo, depende de otros factores, tales como la preparación de

la muestra, la presencia o no de defectos en la superficie, y la temperatura del entorno de prueba y materiales. (Terms, 2017)

### **4.3 MARCO LEGAL.**

#### **4.3.1 Constitución política de Colombia 1991**

En el artículo 79 la Constitución Política establece que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”, y en el artículo 80, señala que “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución”.

#### **4.3.2 Ley 99 de 1993 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Dentro de sus funciones está establecer los criterios ambientales que deben ser incorporados en la formulación de las políticas sectoriales y en los procesos de planificación de los demás Ministerios y entidades.

#### **4.3.3 Ley 2811 de 1974**

Señala que el uso de los suelos debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos y que se debe determinar el uso potencial y clasificación de los suelos según los factores físicos, ecológicos, y socioeconómicos de la región. Igualmente, en esta

norma se señaló que el aprovechamiento de los suelos debe efectuarse en forma tal que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, lo cual es complementado con el deber de colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

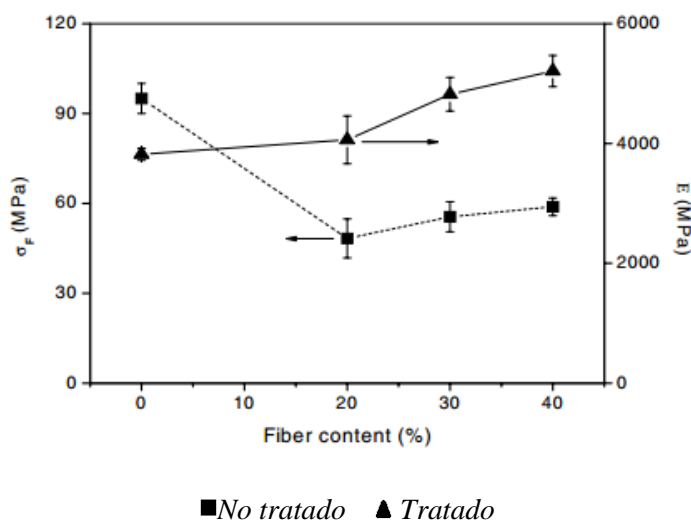
## 5 ANTECEDENTES

- Según (P. GAÑÁN, I. MONDRAGON, 2004) en su estudio sobre efectos de los tratamientos de superficie de las fibras, se encontraron tablas y gráficas sobre el comportamiento de la fibra de fique.

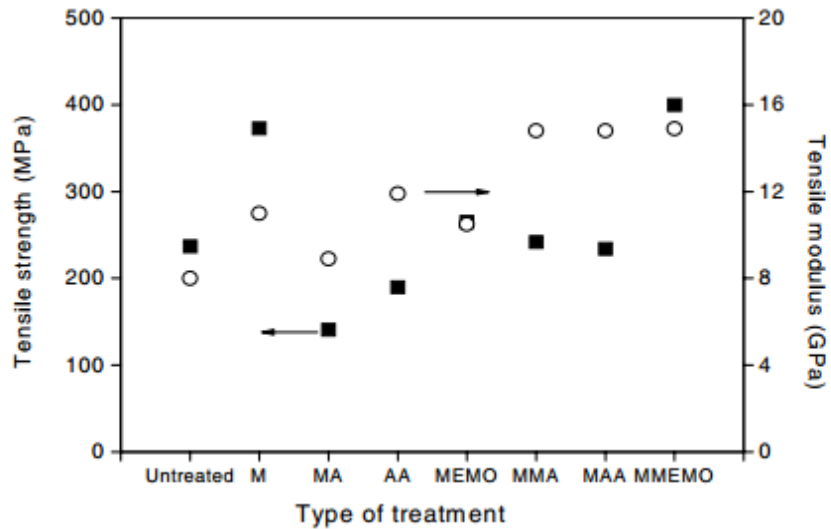
Propiedades	
Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	50–200
Estrés máximo (MPa)	200
Módulo (GPa)	8–12
Esfuerzo final ( $\times 102 \text{ mm} / \text{mm}$ )	4–6
Densidad ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )	870

Tabla 3. Características de los haces de fibra de fique.

Fuente: (P. GAÑÁN, I. MONDRAGON, 2004)



*Grafica 3. Variación de las propiedades de flexión frente al contenido de fibras para laminados de fibra de 30 mm de longitud no tratados.*  
(P. GAÑÁN, I. MONDRAGON, 2004)



○ Tratado ■ No tratado

*Grafica 4 . Propiedades de tracción de fibras sin tratar y tratadas*  
(P. GAÑÁN, I. MONDRAGON, 2004)

De acuerdo a las gráficas anteriores, se presentaron cambios en las propiedades mecánicas cuando las fibras fueron tratadas con una solución alcalina en tensión, siendo esta baja. (P. GAÑÁN, I. MONDRAGON, 2004)

- Estudio de Fibras Fique: Mejora de la resistencia a la tracción de las fibras tratadas con álcali durante la aplicación de carga de tracción. (Catalina Gómez Hoyos, Vera A. Alvarez, 2012)

Características de las fibras fique	
Valor característico	
Diámetro equivalente (mm)	$0,20 \pm 0,04$
Resistencia a la tracción (MPa)	$197 \pm 65$
Módulo de Young (GPa)	$5,7 \pm 1,8$
Celulosa (%)	$57 \pm 3$
Hemicelulosa (%)	$29 \pm 5$
Lignina (%)	$13 \pm 2$

*Tabla 4: Estudios de fibras de fique*

*Fuente: (Catalina Gómez Hoyos, Vera A. Alvarez, 2012)*

Propiedades mecánicas de las fibras fique tratadas con álcali flojo (promedio $\pm$ Desviación estándar) (Solución de NaOH bajo 1 N)				
Tiempo de tratamiento (hora)	Promedio diámetro (mm)	Módulo (GPa)	tensión fuerza (MPa)	Alargamiento en el descanso (%)
0	$0.20 \pm 0.04$	$5.7 \pm 1.8$	$197 \pm 65$	$7.7 \pm 2.9$
4	$0.13 \pm 0.03$	$7.2 \pm 2.7$	$272 \pm 106$	$9.2 \pm 2.0$
24	$0.15 \pm 0.04$	$8.1 \pm 3.3$	$218 \pm 104$	$5.9 \pm 1.0$

*Tabla 5: Estudios de fibras de fique*

*Fuente: (Catalina Gómez Hoyos, Vera A. Alvarez, 2012)*

Propiedades mecánicas de las fibras fique tratadas (promedio $\pm$ Desviación estándar) bajo tensión				
Tiempo de tratamiento (hora)	Promedio diámetro (mm)	Módulo (GPa)	tensión fuerza (MPa)	Alargamiento en el descanso (%)
0	$0.20 \pm 0.04$	$5.7 \pm 1.8$	$197 \pm 65$	$7.7 \pm 2.9$
4	$0.20 \pm 0.02$	$7.2 \pm 2.7$	$308 \pm 93$	$8.51 \pm 2.1$
24	$0.22 \pm 0.09$	$18.7 \pm 12.3$	$391 \pm 315$	$2.11 \pm 0.5$

*Tabla 6: Estudios de fibras de fique*

*Fuente: (Catalina Gómez Hoyos, Vera A. Alvarez, 2012)*

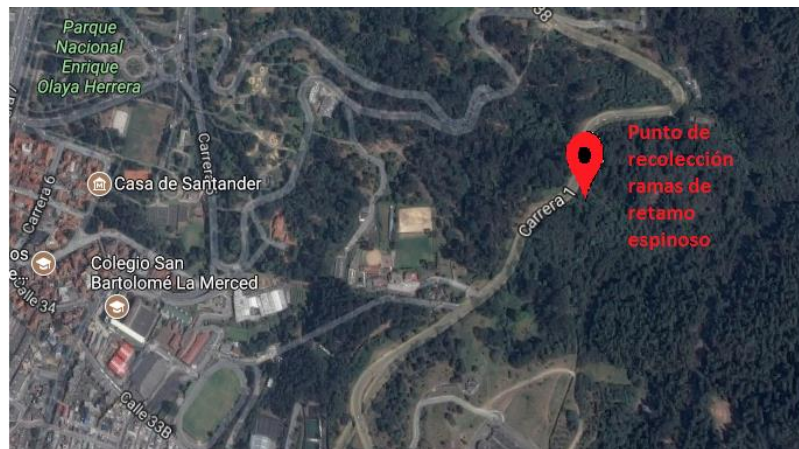
Según las tablas anteriores, se presentaron cambios aumentando la fuerza de tensión resaltando que si bien la resistencia aumento, la desviación de los resultados también, lo cual no es conveniente, siendo preferible un material más estable mecánicamente cuando las fibras fueron tratadas con una solución alcalina en tensión, siendo esta baja. (Catalina Gómez Hoyos, Vera A. Alvarez, 2012)

## 6 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Muestras utilizadas

#### OBTENCIÓN DE RAMAS DEL RETAMO ESPINOSO:

Se establecieron los diámetros de las ramas en un rango de 1 a 10mm, las ramas se obtuvieron de la cordillera oriental más exactamente del cerro de Monserrate, al oriente de la ciudad de Bogotá (*ver imagen 3*). Se realizó el desplazamiento hasta el sitio de obtención de las ramas (*ver imagen 4 y 5*), con los elementos de protección personal que constaron de una tijera de podar, un machete, una pala, costales, guantes de cuero, botas y gafas. En total se extrajeron 150 ramas durante los meses de Junio, Julio y Septiembre.



*Imagen 3: Zona donde se tomaron las ramas de retamo espinoso.*

*Fuentes: google maps*



*Imagen 4: Lugar recolección retamo espinoso*

*Fuente: Propia.*



*Imagen 5: Lugar recolección retamo espinoso*

*Fuente: Propia.*



## 6.2 Preparación de las ramas

Después de obtener las ramas, se procedió a retirar las espinas (*ver imagen 6*) con un bisturí y tijeras, esta fue una labor con una alta dificultad ya que al momento de seleccionar las ramas de los diferentes diámetros se vuelve una actividad muy dispendiosa recibiendo varios puyones de las espinas de la planta y teniendo en cuenta que se necesitaron 150 ramas para evaluarlas según el diámetro estipulado. Se dejaron de un largo aproximado de 30 cm para poder realizar los ensayos. Luego se dispusieron a secar a temperatura ambiente durante 1 semana, 2 semanas y 4 semanas.



*Imagen 6: Proceso de preparación de la rama sin espinas.*

*Fuente: Propia.*

Luego del secado se enterraron durante 1 y 2 meses para saber el comportamiento de las ramas en condiciones húmedas (*ver imagen 7 y 8*). La humedad se garantizó agregando agua todos los días, en un aproximado de la precipitación para Colombia de 8 L/m<sup>2</sup> (IDEAM, 2015).





*Imagen 7: Proceso de preparación de las ramas para enterrar.*

*Fuente: Propia.*



*Imagen 8 : Proceso de las ramas para enterrar.*

*Fuente: Propia.*

Después de enterrar las ramas y pasado el tiempo establecido para cada una de ellas, se procede a sacar las ramas cuidadosamente, para lograr sacar la rama sin llegar a destruirla (*ver imagen 9*).



*Imagen 9 : Proceso de sacar las ramas tras el tiempo de humedecimiento (1 y 2 meses).*

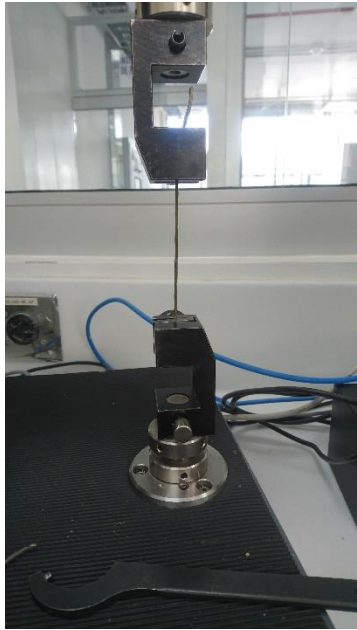
*Fuente: Propia.*

### **6.3 Ensayo de Tensión**

Los ensayos de tensión se realizaron en la máquina universal del laboratorio de la Universidad de la Salle, esta máquina es de origen americano con una precisión de centésimas en Newton y tensión máxima de falla 1 kN.

Materiales:

- Máquina Universal
- Tijeras de poda
- Bisturí
- Costales
- Guantes de cuero
- Gafas
- Machete
- Pala
- Ramas de retamo espinoso



*Imagen 10: Ensayo de tensión de la rama en la máquina universal.*

*Fuente: Propia.*



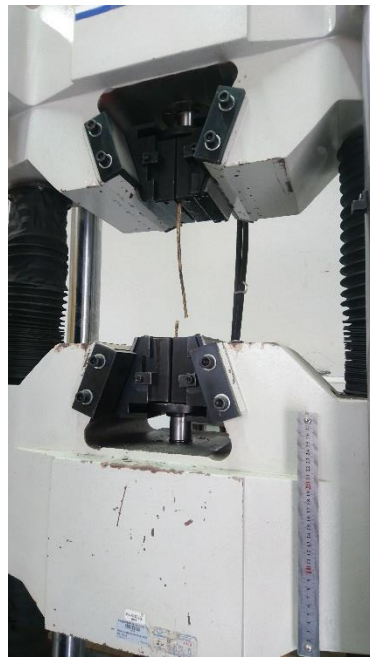
*Imagen 11: Falla de la rama de retamo sometida al ensayo de tensión.*

*Fuente: Propia.*



*Imagen 12 : Rama de retamo espinoso en la máquina universal.*

*Fuente: Propia.*



*Imagen 13: Falla de la rama de retamo espinoso en el ensayo de tensión.*

*Fuente: Propia.*

Procedimiento:

Con las ramas libres de espinas y 30 cm de largo, se procedió a sujetar cada extremo a las mordazas de la máquina universal, de forma vertical (*ver imagen 10, 11, 12 y 13*), luego se inició la máquina y por último el equipo arrojó el resultado de fuerza máxima resistida por cada una de las ramas. Ese resultado se utilizó en la ecuación 1 que se muestra a continuación para calcular tensión:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

*Ecuación 1: Esfuerzo de tensión*

Donde,

$A$ =área ( $m^2$ ) (de la rama)

$\sigma$ =Esfuerzo de tensión (MPa)

$F$ =Fuerza en Newton (N)

Y finalmente se obtiene la tensión máxima resistida por las ramas.

## **7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZADO**

Para el desarrollo de éste proceso, los datos obtenidos en cada una de las pruebas se llevaron a Excel en donde se analizó la desviación estándar de las muestras, el promedio y por último, se realizaron las gráficas de barras, cajas y bigotes.

## 8 RESULTADOS OBTENIDOS

### 8.1 Selección y preparación de ramas de diferentes diámetros de retamo espinoso para el desarrollo de ensayos de tensión.

Para poder seleccionar las ramas primero se establecieron diámetros de 2mm, 5mm y 7 mm, se establecieron los tiempos de recolección de ramas, tiempos de secado y tiempos bajo tierra (*ver tabla 7*), se extrajeron las ramas haciendo uso de los elementos de protección personal, se retiraron las espinas y se dejaron de un largo aproximado de 30 cm para facilitar la elaboración del ensayo, se secaron y se enterraron en los tiempos establecidos.

TIEMPO DE SECADO	HUMEDAD	DIÁMETRO (mm)		
		1-3 mm	3,1-6 mm	6,1-10mm
1 semana	Seco	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
	Húmedo 1 mes	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
	Húmedo 2 meses	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
2 semana	Seco	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
	Húmedo 1 mes	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
	Húmedo 2 meses	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
1 mes	Seco	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
	Húmedo 1 mes	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
	Húmedo 2 meses	5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos
HORNO (60°C) 24h		5 ensayos	5 ensayos	5 ensayos

*Tabla 7: Variables y cantidad de ensayos por cada condición de secado.*

*Fuente: propia*

En total se extrajeron 150 ramas, las fechas de recolección se muestran a continuación, junto con los tiempos de secado y los tiempos que duraron bajo tierra en semanas.

23 DE JUNIO		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	4	4
15 RAMAS	4	2

8 DE JULIO		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	2	4
15 RAMAS	2	8

15 DE JULIO		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	2	4
15 RAMAS	2	8

24 DE JULIO		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	4	0

14 DE SEPTIEMBRE		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	2	0

21 DE SEPTIEMBRE		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	1	0

28 DE SEPTIEMBRE		
RAMAS	TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)(HORNO)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)
15 RAMAS	0.14	0

## 8.2 Determinación de la resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso en sus distintos diámetros, tiempo de secado y condiciones de humedad posterior al secado.

### 8.2.1 Resultados de las muestras de 2mm de diámetro, con los tiempos establecidos de secado.

#### Proceso del cálculo:

$A$  = área ( $m^2$ )

$d$  = Diámetro de la rama en metros ( $m$ )

$\sigma$  = Esfuerzo de tensión ( $MPa$ )

$F$  = Fuerza en Newton ( $N$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

Ecuación 2: Área de un círculo.

$$A = \frac{\pi}{4} * 0.002^2$$

$$A = 3.141 \times 10^{-6} m^2$$

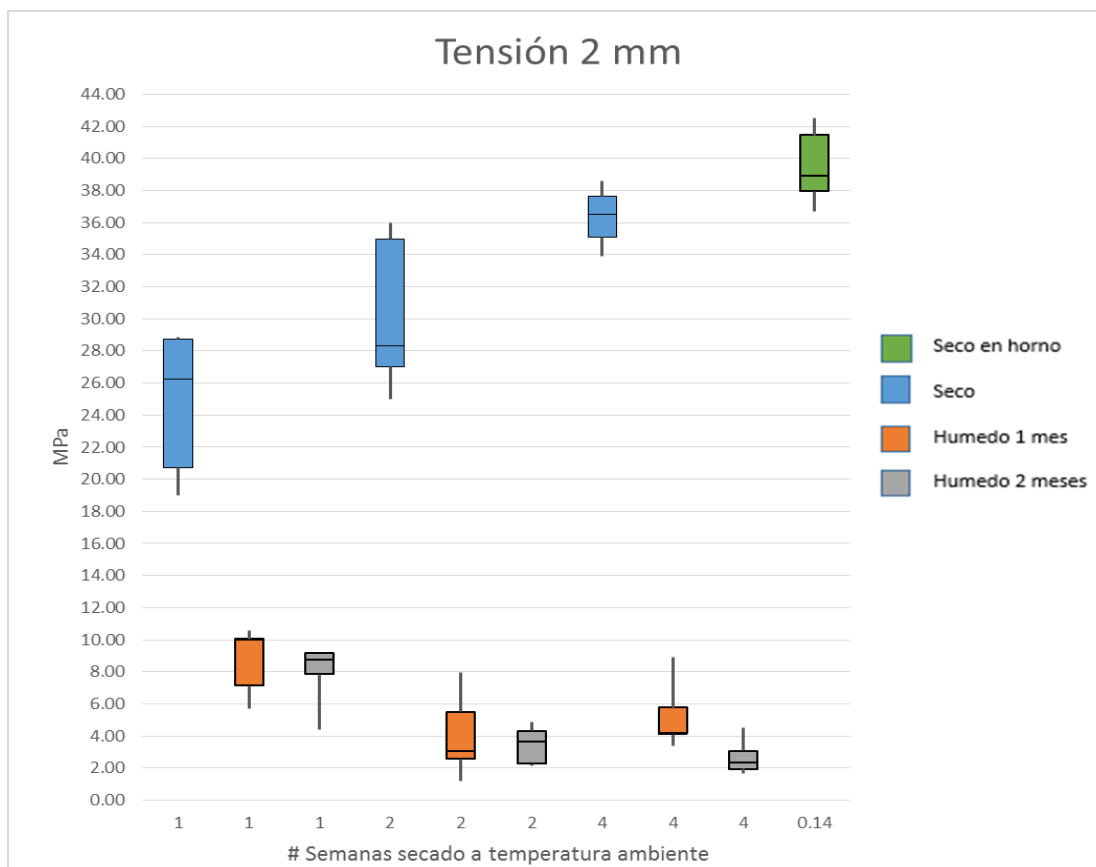
$$\sigma = \frac{82.488 N}{3.141 \times 10^{-6} m^2}$$

$$\sigma = 26256745.89 Pa * \frac{1 MPa}{1000000 Pa}$$

$$\sigma = 26.26 MPa$$

Haciendo el proceso del cálculo anterior para cada una de las ramas de 2 mm de diámetro en sus diferentes tiempos establecidos de secado y humedad se obtiene la gráfica 5, esta grafica muestra la variación de las muestras de la tensión para cada una de las ramas. Por tanto se aprecia un patrón que nos muestra como en condiciones de secado a temperatura ambiente su resistencia es mucho mayor y cuando está en condiciones

húmedas de 1 mes y 2 meses la resistencia se ve afectada disminuyendo notablemente y este comportamiento se para cada una de las condiciones de secado. Por otra parte se observa que la resistencia va aumentando cuando las ramas tienen un mayor tiempo de secado.



*Grafica 5: grafico de cajas y bigotes de la tensión vs semanas de secado a temperatura ambiente de las ramas de 2mm de diámetro.*

*Fuente: Propia.*

En la tabla 8, se puede observar el promedio de la tensión resistida por las ramas de 2 mm, durante 1, 2, 4 y 0.14 semanas; se tomaron 5 muestras para cada semana.



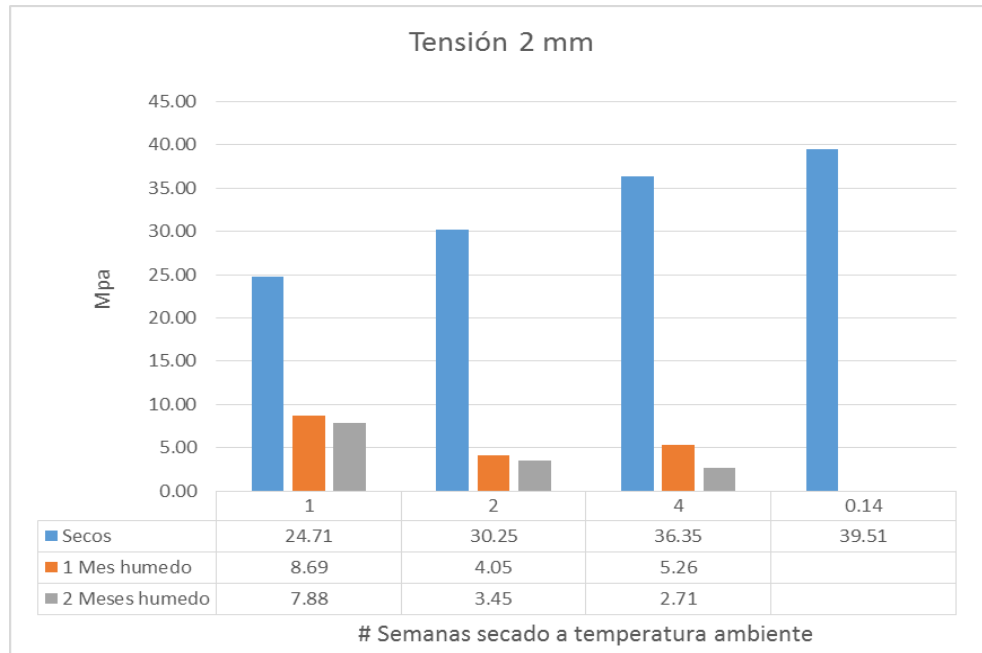
TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)	DIÁMETRO (mm)	TENSIÓN PROMEDIO (MPa)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1	0	2	24.71	4.58
1	4	2	8.69	2.16
1	8	2	7.88	2.01
2	0	2	30.25	4.91
2	4	2	4.05	2.68
2	8	2	3.45	1.21
4	0	2	36.35	1.89
4	4	2	5.26	2.21
4	8	2	2.71	1.14
0.14	0	2	39.51	2.42

*Tabla 8: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras de 2mm de diámetro*

*Fuente: Propia.*

En la gráfica 6, se observa el comportamiento de la tensión promedio resistida por las ramas de 2 mm, respecto a los tiempos de secado en semanas. Este comportamiento permite visualizar como se ve afectada la resistencia a la tensión de las ramas de retamo espinoso cuando se encuentra en condiciones húmedas, reduciendo notablemente la resistencia tanto en un mes en condiciones húmedas y 2 meses, ya que el agua afecta de gran manera la resistencia a la tensión disminuyendo en más de un 50% que la resistencia en condiciones secas.

Para las ramas que solamente fueron sometidas a secado a temperatura ambiente se aprecia que a mayor tiempo de secado su resistencia va aumentando.



*Grafica 6: Resistencia a la tensión vs semanas de secado para muestras de 2 mm de diámetro*

*Fuente: propia*

## 8.2.2 Resultados de las muestras de 5mm de diámetro, con los tiempos establecidos de secado.

### Proceso del cálculo:

$A$  = área ( $m^2$ )

$d$  = Diámetro de la rama en metros ( $m$ )

$\sigma$  = Esfuerzo de tensión (MPa)

$F$  = Fuerza en Newton ( $N$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0.005^2$$

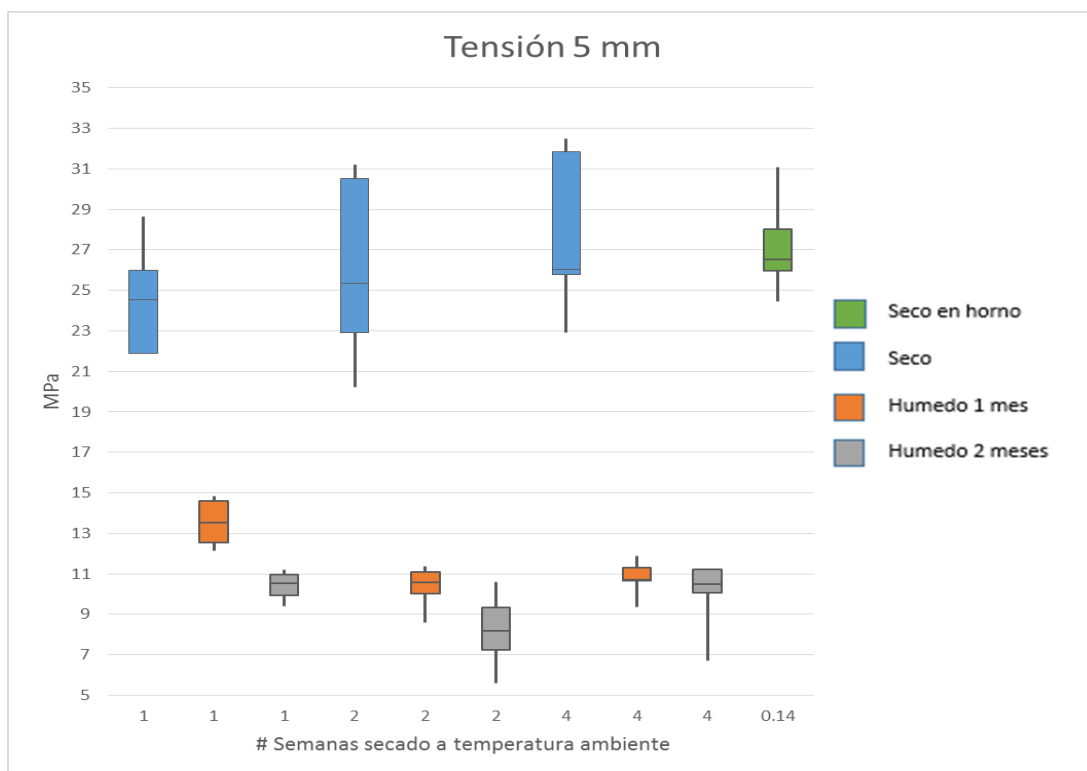
$$A = 1.963 \times 10^{-5} m^2$$

$$\sigma = \frac{428 N}{1.963 \times 10^{-5} m^2}$$

$$\sigma = 24548058.4 \text{ Pa} * \frac{1 \text{ MPa}}{1000000 \text{ Pa}}$$

$$\sigma = 24.55 \text{ MPa}$$

Haciendo el proceso del cálculo anterior para cada una de las ramas de 5 mm de diámetro en sus diferentes tiempos establecidos de secado y humedad se obtiene la gráfica 7, esta grafica muestra la variación de las muestras de la tensión para cada una de las ramas. Por tanto se aprecia que la dispersión de los resultados en las muestras secas es mayor, en ningún caso los valores mínimos de resistencia son similares a los valores obtenidos para las muestras de retamo expuesto a humedad y la menor dispersión que se presentó son las muestras sometidas a condiciones de secado al horno.



Grafica 7: grafico de cajas y bigotes de la tensión vs semanas de secado a temperatura ambiente de las ramas de 5 mm de diámetro.

Fuente: Propia.

En la tabla 9, se puede observar el promedio de la tensión resistida por las ramas de 5 mm, durante 1, 2, 4 y 0.14 semanas; se tomaron 5 muestras para cada semana.

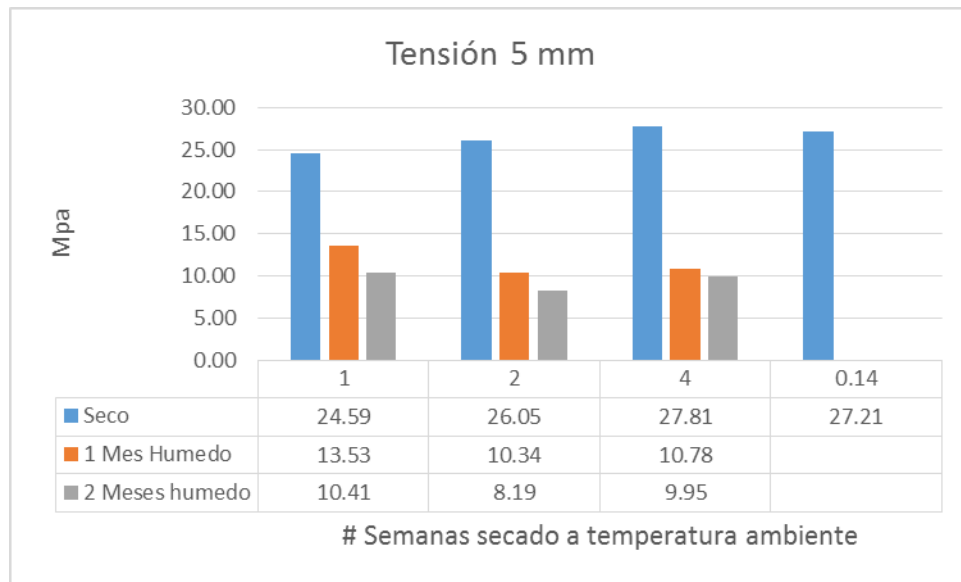
TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)	DIÁMETRO (mm)	TENSIÓN PROMEDIO (MPa)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1	0	5	24.59	2.86
1	4	5	13.53	1.21
1	8	5	10.41	0.73
2	0	5	26.05	4.77
2	4	5	10.34	1.09
2	8	5	8.19	1.91
4	0	5	27.81	4.16
4	4	5	10.78	0.93
4	8	5	9.95	1.87
0.14	0	5	27.21	2.51

*Tabla 9: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras de 5mm de diámetro*

*Fuente: Propia.*

En la gráfica 8, se observa el comportamiento de la tensión promedio resistida por las ramas de 5 mm, respecto a los tiempos de secado en semanas. Este comportamiento permite visualizar como se ve afectada la resistencia a la tensión de las ramas de retamo espinoso cuando se encuentra en condiciones húmedas, reduciendo notablemente la resistencia tanto en un mes en condiciones húmedas y 2 meses.

Para las ramas que solamente fueron sometidas a secado a temperatura ambiente se aprecia que a mayor tiempo de secado su resistencia va aumentando.



*Grafica 8: Resistencia a la tensión vs semanas de secado para muestras de 5 mm de diámetro*

*Fuente: propia*

### 8.2.3 Resultados de las muestras de 7mm de diámetro, con los tiempos establecidos de secado.

#### Proceso del cálculo:

$A$  = área ( $m^2$ )

$d$  = Diámetro de la rama en metros ( $m$ )

$\sigma$  = Esfuerzo de tensión ( $MPa$ )

$F$  = Fuerza en Newton ( $N$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0.007^2$$

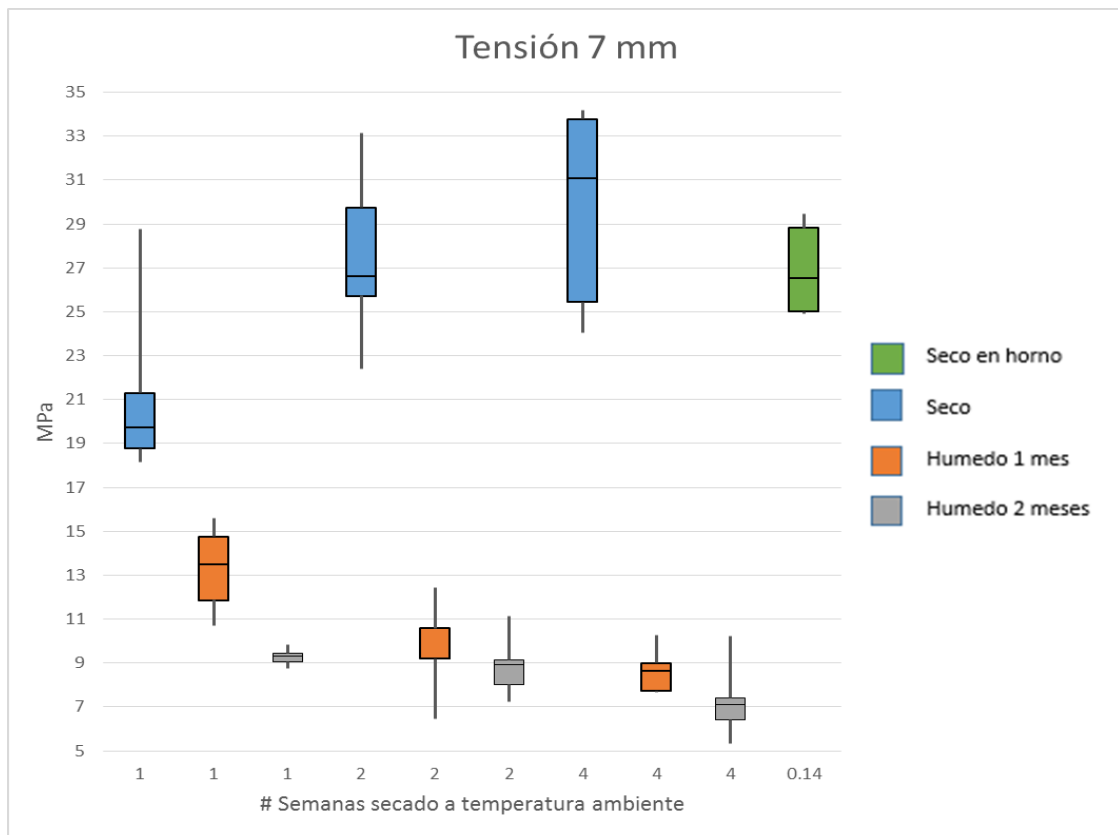
$$A = 3.848 \times 10^{-5} m^2$$

$$\sigma = \frac{1107 N}{3.848 \times 10^{-5} m^2}$$

$$\sigma = 28764820 Pa * \frac{1 MPa}{1000000 Pa}$$

$$\sigma = 28.76 \text{ MPa}$$

Haciendo el proceso del cálculo anterior para cada una de las ramas de 7 mm de diámetro en sus diferentes tiempos establecidos de secado y humedad se obtiene la gráfica 9, esta grafica muestra la variación de las muestras de la tensión para cada una de las ramas y la dispersión de los resultados de cada una las ramas evaluadas en sus diferentes condiciones de secado. En este caso podemos ver que la variación de los datos en condiciones de secado a temperatura ambiente es aproximadamente iguales, oscilando entre 10 y 12 MPa. Por lo contrario se observa que la variación para las ramas en condiciones de humedad e mucho menor, oscilando entre 2 y 6 MPa.



Grafica 9: grafico de cajas y bigotes de la tensión vs semanas de secado a temperatura ambiente de las ramas de 7 mm de diámetro.

Fuente: Propia.

En la tabla 10, se puede observar el promedio de la tensión resistida por las ramas de 7 mm, durante 1, 2, 4 y 0.14 semanas; se tomaron 5 muestras para cada semana.

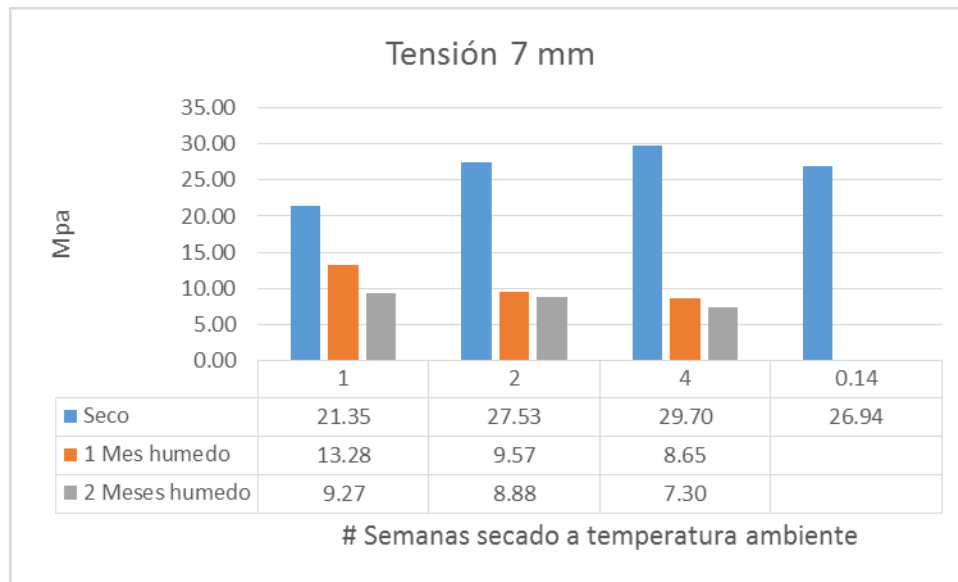
TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)	DIÁMETRO (mm)	TENSIÓN PROMEDIO (MPa)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1	0	7	21.35	4.31
1	4	7	13.28	2.03
1	8	7	9.27	0.41
2	0	7	27.53	4.09
2	4	7	9.57	2.20
2	8	7	8.88	1.48
4	0	7	29.70	4.71
4	4	7	8.65	1.07
4	8	7	7.30	1.83
0.14	0	7	26.94	2.12

*Tabla 10: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras de 5mm de diámetro*

*Fuente: Propia.*

En la gráfica 10, se observa el comportamiento de la tensión promedio resistida por las ramas de 7 mm, respecto a los tiempos de secado en semanas. Este comportamiento permite visualizar como se ve afectada la resistencia a la tensión de las ramas de retamo espinoso cuando se encuentra en condiciones húmedas, reduciendo notablemente la resistencia tanto en un mes en condiciones húmedas y 2 meses.

Dado que el comportamiento para cada uno de los tiempos de secado fue similar, es decir que la resistencia en condición seca es mayor llegando a una resistencia máxima en promedio de 29.70 MPa y una resistencia mínima en condiciones húmedas de 7.30 MPa.



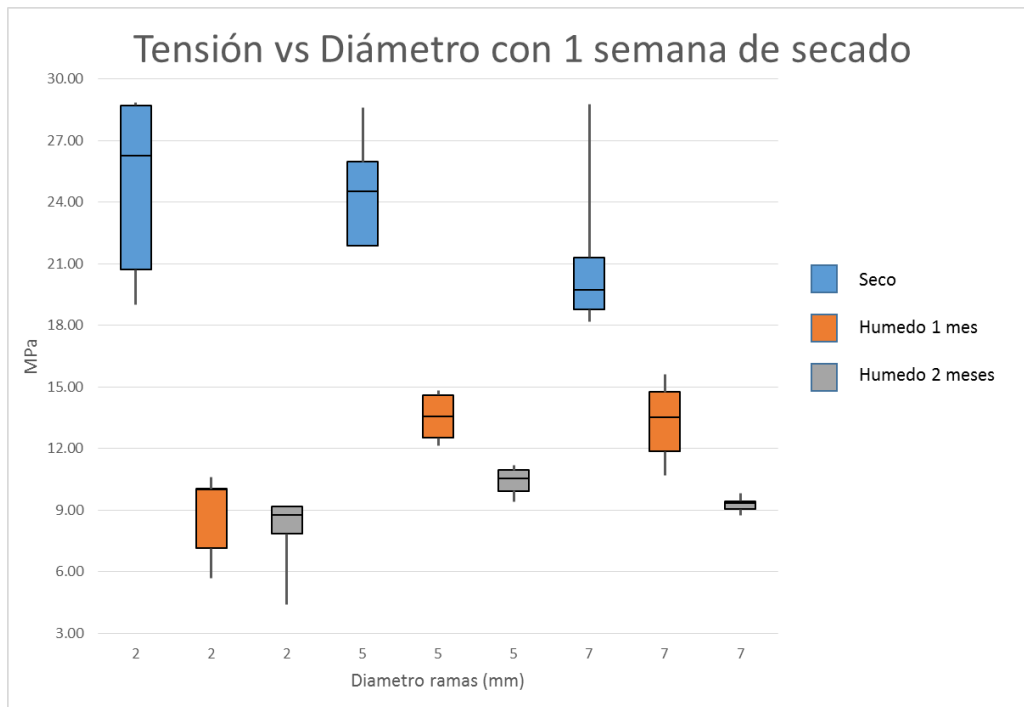
*Grafica 10: Resistencia a la tensión vs semanas de secado para muestras de 7 mm de diámetro*

*Fuente: propia*

#### **8.2.4 Comportamiento y variación de la tensión según el diámetro de las ramas.**

Como se muestra en la gráfica 11, se observa que las ramas de diámetro menor tuvieron mayor resistencia en condiciones secas. También muestra la variación que se presentó en los ensayos de cada una de las ramas para cada una de las muestras en condiciones secas y húmedas a 1 y 2 meses. A su vez se puede apreciar que las ramas que se sometieron a condiciones de humedad las que muestran una resistencia mayor son las de 7 mm y por lo contrario el agua afecta con mayor facilidad a las ramas de 2 mm, esto se puede presentar debido a que el agua disminuye fácilmente las ramas más delgadas o de menor diámetro.

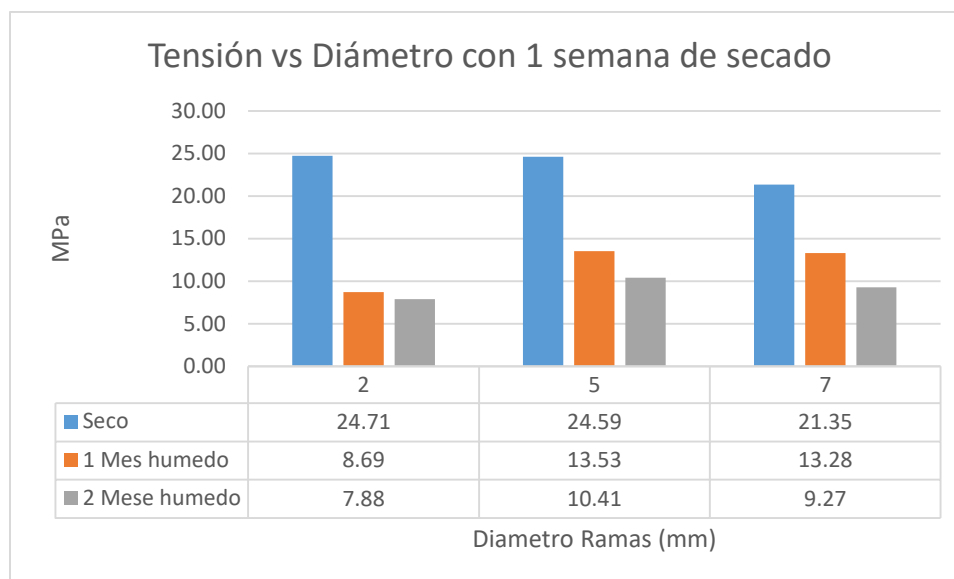




*Grafica 11: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas.*

*Fuente: Propia.*

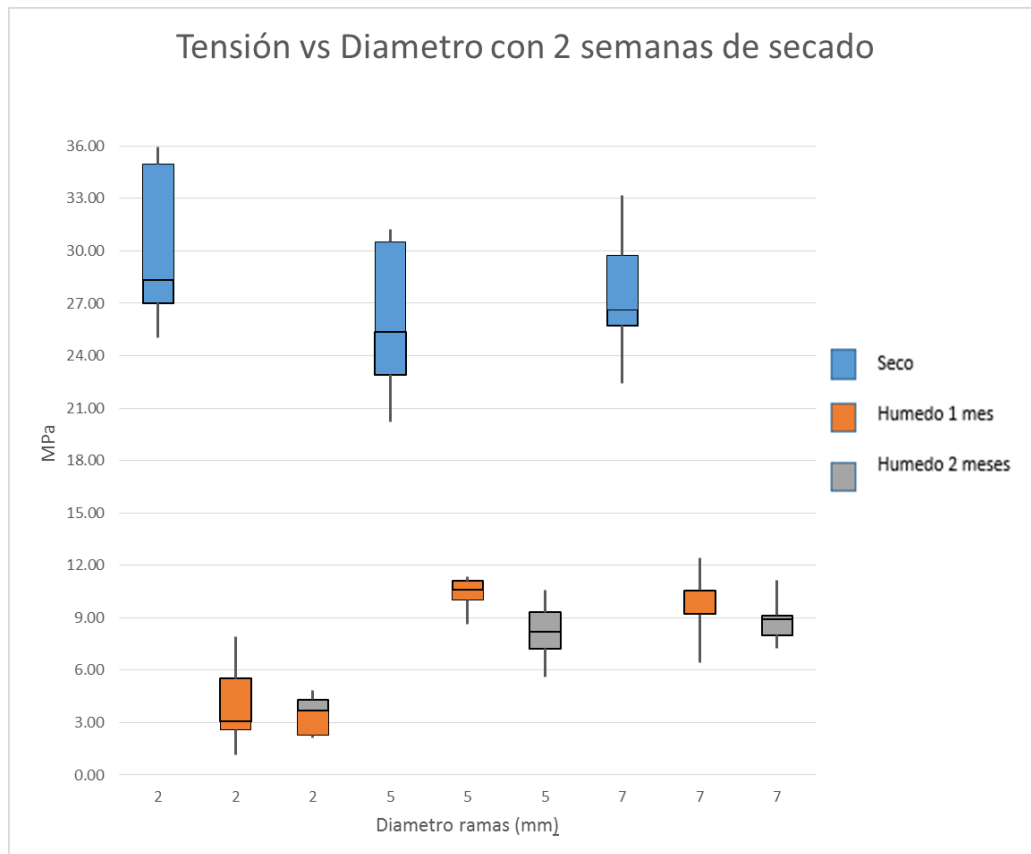
En la gráfica 12, se observa el comportamiento de la tensión resistida por las ramas de 2mm, 5mm y 7 mm, con una semana de secado a temperatura ambiente. El comportamiento permite observar un patrón con el promedio de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, es decir que la tensión tiende a disminuir cuando se tienen diámetros mayores en condiciones secas, por otra parte para las ramas en condiciones húmedas se ven menos afectadas cuando el diámetro es mayor, debido a que el agua necesita mayor tiempo para que pueda penetrar en la rama para debilitar sus fibra y así disminuir la resistencia.



*Grafica 12: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas a diferentes tiempos de secado*

*Fuente: propia*

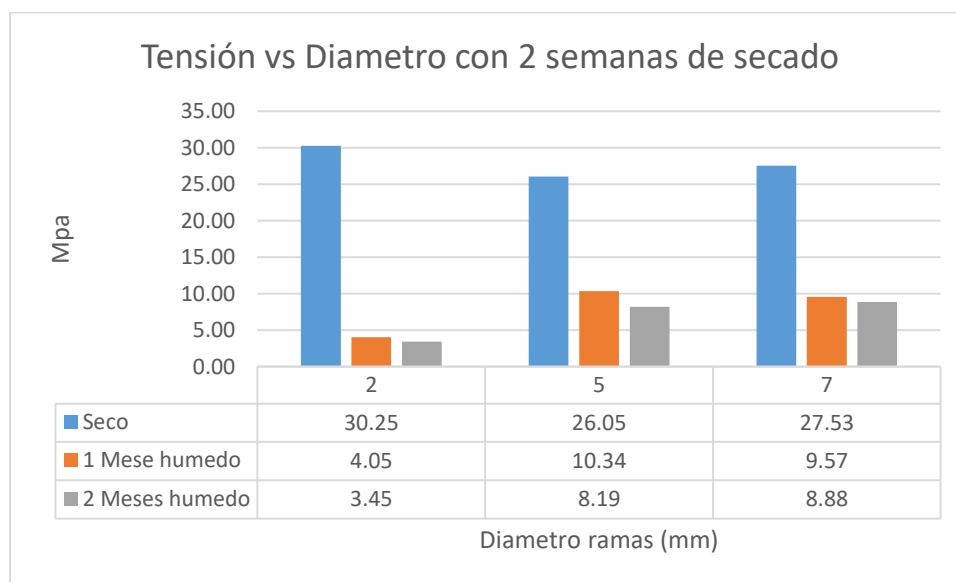
Como se muestra en la gráfica 13, se observa la variación que se presentó en las ramas para cada una de las muestras en condiciones secas y húmedas a 1 y 2 meses. Es decir que para las ramas que se sometieron a condiciones secas se visualiza una mayor oscilación en los datos obtenidos, por lo contrario las ramas sometidas a condiciones de humedad presentan menor variación en los datos de tensión. Con este resultado se observa que las ramas de 2 mm tienen una mayor resistencia a la tensión con dos semanas de secado, y en condición de humedad la que presento mayor resistencia es la de 5 mm de diámetro.



*Grafica 13: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas.*

*Fuente: Propia.*

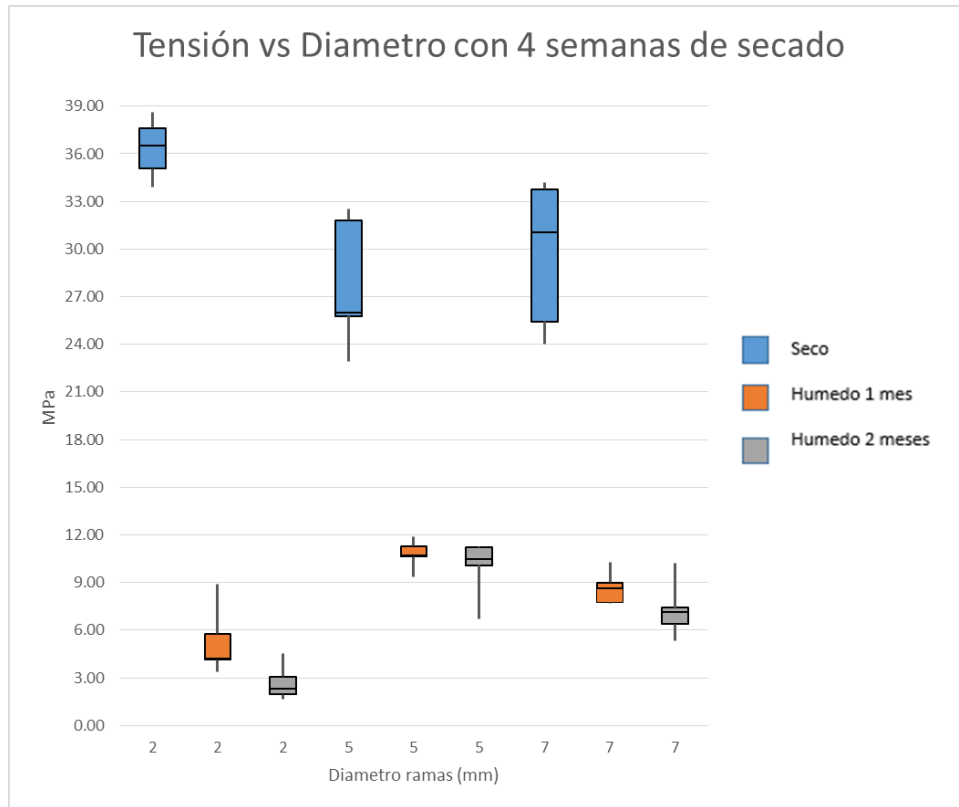
En la gráfica 14, se observa el comportamiento de la tensión resistida por las ramas de 2mm, 5mm y 7 mm, con dos semanas de secado a temperatura ambiente. El comportamiento permite observar un patrón con el promedio de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, es decir que la tensión tiende a disminuir cuando se tienen diámetros mayores en condiciones secas, por otra parte para las ramas en condiciones húmedas se ven menos afectadas cuando el diámetro es mayor. Para este caso de 2 semanas de secado la que presento una mayor resistencia es la rama de 2 mm en condiciones secas con una resistencia promedio de 30.25 MPa, y la de menor resistencia se presentó en las ramas de 2 mm sometida a 2 meses de humedad con un valor de 3.45 MPa.



*Grafica 14: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas a diferentes tiempos de secado*

*Fuente: propia*

Como se muestra en la gráfica 15, se observa la variación que se presentó en las ramas para cada una de las muestras en condiciones secas y húmedas a 1 y 2 meses. Esta variación es mayor para las ramas que se sometieron a condiciones de secado a temperatura ambiente, oscilando entre 10 y 11 MPa, por lo contrario la ramas sometidas a 1 y 2 meses de humedad muestran una variación de los datos menor, oscilando entre 3 y 6 MPa.



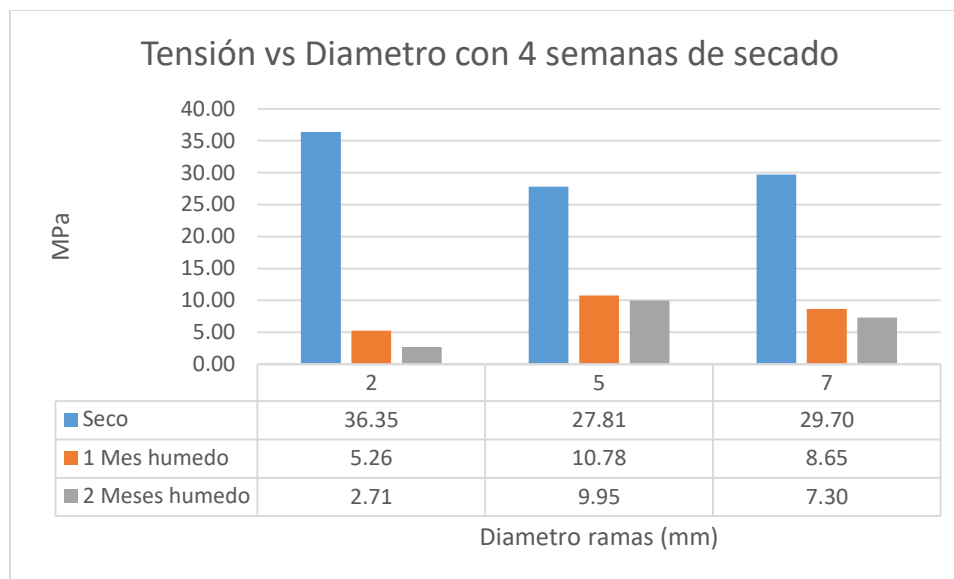
*Grafica 15: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas.*

*Fuente: Propia.*

En la gráfica 16, se observa el comportamiento de la tensión resistida por las ramas de 2mm, 5mm y 7 mm, con cuatro semanas de secado a temperatura ambiente. El comportamiento permite observar un patrón con el promedio de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, es decir que la tensión tiende a disminuir cuando se tienen diámetros mayores en condiciones secas, por otra parte para las ramas en condiciones húmedas se ven menos afectadas cuando el diámetro es mayor.

Para una condición de 4 semanas de secado a temperatura ambiente la rama que mayor resistencia soporto fue de 2 mm con un valor de 36.35 MPa en condiciones seca, y la

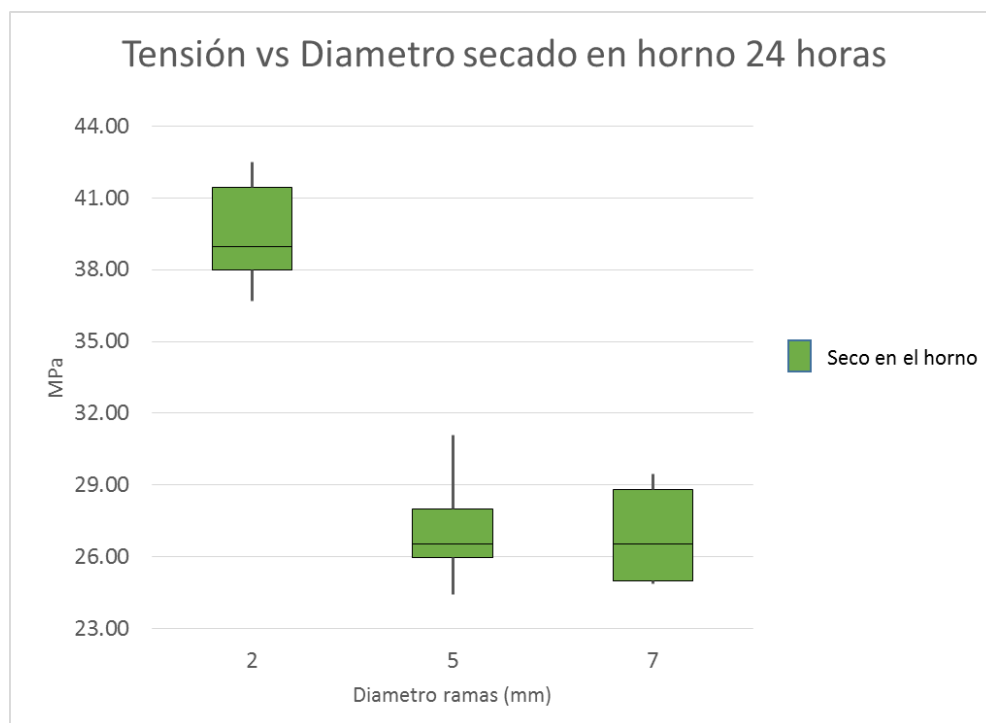
rama que menos resistencia pudo soportar fue la rama de 2 mm sometida a 2 meses de humedad resistiendo 2.71 MPa.



*Grafica 16: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas a diferentes tiempos de secado*

*Fuente: propia*

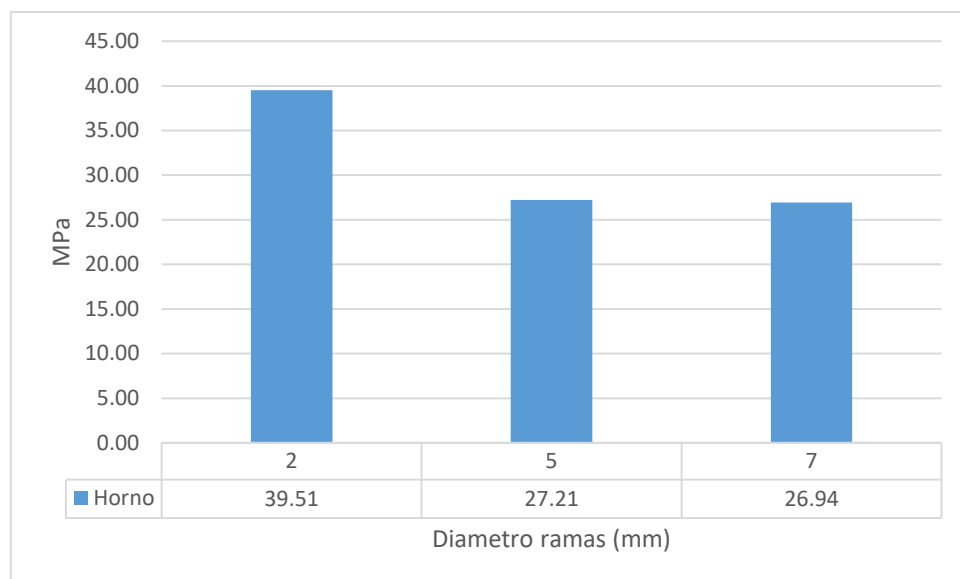
Como se muestra en la gráfica 17, se observa la tensión para cada uno de los diámetros establecidos y la variación de resultados que se presentó en las ramas para cada una de las muestras en condiciones seca durante 24 horas en horno a 60°C. Se observa que las ramas de diámetro 2 mm presentaron la mayor resistencia oscilando entre 37 y 43 MPa y las ramas de 5 y 7 mm de diámetro con valores menores oscilando entre 25 y 29 MPa. Este comportamiento se pudo haber presentado debido a que a mayor diámetro de la rama de retamo espinoso el horno necesita más tiempo para lograr un secado homogéneo.



*Grafica 17: Grafico de cajas y bigotes de la tensión vs diámetro de las ramas en el horno.*

*Fuente: Propia.*

En la gráfica 18 se observa el comportamiento de la tensión resistida por las ramas de 2mm, 5mm y 7 mm, durante un día a 60°C en horno. Este comportamiento permite observar un patrón con el promedio de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, es decir que la tensión tiende a disminuir cuando se tienen diámetros mayores en condiciones secas. El dato mayor alcanzado por las ramas fue de 39.51 MPa y se presentó en las ramas de 2 mm.



*Grafica 18: Muestra la tensión vs los diámetros de las ramas secadas en horno 24 horas*

*Fuente: propia*

En general los resultados obtenidos, se observa que el comportamiento respecto a la tensión lo siguiente:

- Para las ramas de 2mm, 5mm y 7mm de diámetro, cuando el tiempo de secado a temperatura ambiente aumenta, la tensión resistida también aumenta, es decir que, el tiempo de secado es proporcional a la tensión resistida, dando como resultado un tiempo óptimo de secado de 1 semana y un diámetro de 5 mm, ya que esta medida es la que se encuentra con mayor facilidad en campo y tiene un mejor comportamiento en condición húmeda, pero esto no implica que no se puedan usar otro tipo de diámetros pero en condición seca, muestra de ello son las ramas de 2mm que aunque muestran mayor resistencia en condiciones secas, son las más afectadas en condiciones húmedas.



- Para las ramas que fueron sometidas a condiciones húmedas, tienen una mayor resistencia cuando el diámetro es mayor, ya que se ven menos afectadas por la presencia de agua.
- Dada la dispersión de los datos de resistencia de las ramas de retamo espinoso no permite asignar un mismo valor a la tensión para un mismo diámetro, siendo conveniente considerar un rango de resistencia a la tensión.
- El mejor comportamiento de resistencia según el diámetro para todas las condiciones es de 5 mm, ya que su resistencia es favorable en condiciones como húmedas.

### 8.3 Comparación de los resultados de resistencia a la tracción de las ramas del retamo espinoso con la resistencia de las fibras de fique y las raíces de algunas plantas reportados en fuentes secundarias.

Especie	Deformación Máxima (%)	Deformación Mínima (%)	Carga de Tensión Máxima (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga de Tensión Mínima (Kg/cm <sup>2</sup> )
Bambusa vulgaris	15.79	14.25	386.69	276.10
Espondias mombin	15.16	7.38	366.41	76.84
Licania tomentosa	10.70	3.83	576.86	360.65
Swinglea glutinosa	11.48	6.72	633.01	0.60

*Tabla 11: Valores de carga de tensión de raíces de otras plantas.*

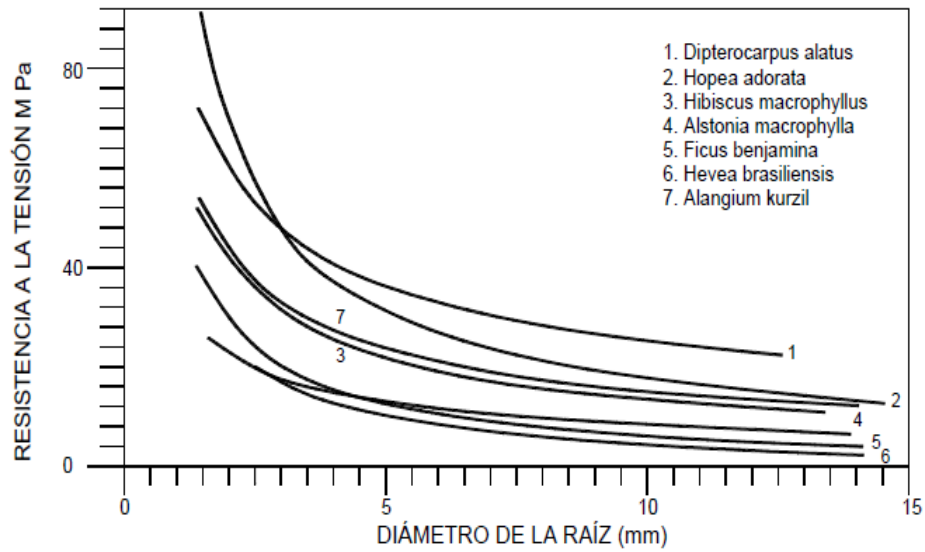
*Fuente: Suarez, 2001*

En la tabla 11 se observa valores de resistencia a la tensión de algunas raíces de plantas tropicales, con las que compararemos la resistencia de las ramas de retamo espinoso.

Comparando los datos que muestra la tabla 10 con los datos que arrojo las pruebas de tensión de las ramas de retamo espinoso, se puede observar que las especies allí mostradas superan al retamo, en cuanto a la carga de la tensión máxima, ya que el retamo en promedio puede llegar a resistir una carga máxima de 204 kg/cm<sup>2</sup>. Pero si puede superar la carga de tensión mínima para una especie como lo es la *Espondias mombin* conocida comúnmente como el Hobo, y también supera en carga a la especie limón *Swinglea* (*Swinglea glutinosa*).

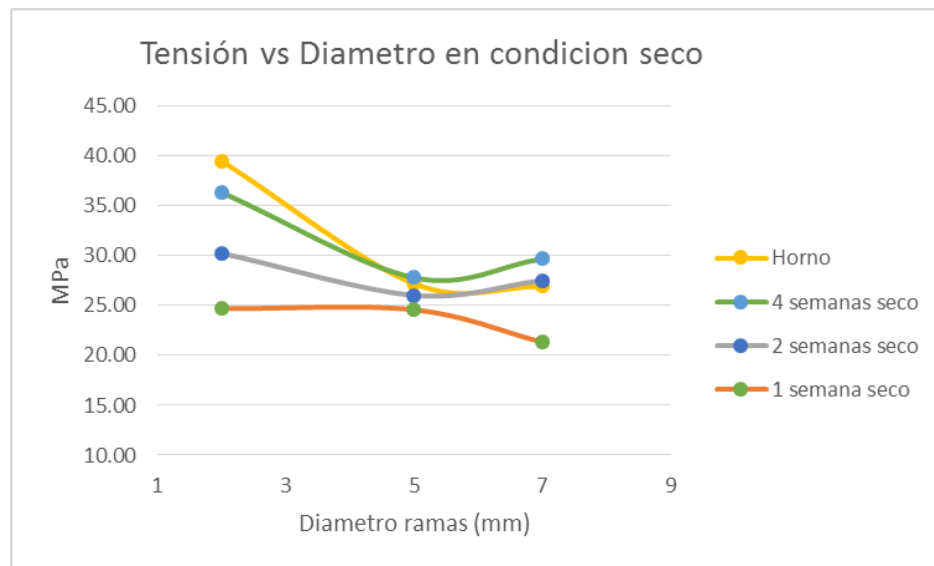
Los factores que más afectan la resistencia de las raíces son su diámetro, orientación y ambiente de suelo. La resistencia de las raíces generalmente se encuentra en el rango entre 5 y 40 MPa, siendo mayor en las raíces de menor diámetro (*ver grafica 19*). Las raíces de diámetro menor son las más importantes para la estabilidad de un talud. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la resistencia de las raíces difiere mucho dependiendo de la especie, el clima y las dimensiones de las raíces.

Observando las gráficas 19 y 20, se puede apreciar un comportamiento similar para cada diámetro de las ramas de retamo con resistencia de raíces de otras especies, este comportamiento nos indica que cuando el diámetro de las raíces aumenta la tensión disminuye.



Grafica 19: Resistencia a la tensión contra el diámetro de la raíz

Fuente: Suarez, 2001 (Control de erosión en zonas tropicales)



Grafica 20: Resistencia a la tensión contra el diámetro de la raíces de retamo espinoso.

Fuente: Propia.

Como se puede observar en la tabla 12, esta nos muestra la resistencia de algunas raíces a tensión con las que podemos comparar la resistencia que logro las ramas de retamo espinoso. Según el nombre común el retamo está en el rango de plantas como el Sauce, Alamo, Arce plateado entre otras; por otra parte el retamo espinoso supera en resistencia a la tensión a raíces de plantas como el Musgo, Gaylussacia y Zacate. Pero también hay raíces de plantas que tienen una mayor resistencia, como lo es el Pasto Vetiver, Alisos y Abeto de Douglas ya que estas plantas tienen un mayor rango de resistencia.

Nombre botánico	Nombre común	Resistencia a la tensión (Mpa)
<i>Salix</i> sp.	Sauce	9-36*
<i>Populus</i> sp.	Alamos	5-38*
<i>Alnus</i> sp.	Alisos	4-74*
<i>Pseudotsuga</i> sp.	Abeto de Douglas	19-61*
<i>Hacer sacharinum</i>	Arce plateado	15-30*
<i>Tsuga heterophylla</i>	Cicuta del oeste	27*
<i>Vaccinium</i> sp.	Gaylussacia	16*
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada	15-31*
--	Zacate, hierbas	2-20*
--	Musgo	0,002-0,007*
<i>Vetiveria zizanioides</i>	Pasto Vetiver	40-120**

Tabla 12: Resistencia a la tensión de raíces de otras especies de pantas

Fuente: (construcción, 2002)

En cuanto a la comparación de la resistencia a la tensión entre el fique y el retamo espinoso se puede observar que el fique tiene una mayor resistencia como se ve en la tabla 13, ya que la resistencia máxima que presento el retamo espinoso fue de 39.51 MPa como lo muestra la tabla 14.

Característica	Fique	Media
Diámetro equivalente, (mm)	0,160 – 0,420	0,240
Densidad aparente, (gr/cm <sup>3</sup> )	0,720	----
Densidad específica, (gr/cm <sup>3</sup> )	1,740	---
Absorción de agua, (%)	60	
Resistencia máxima a la tensión, (MPa)	43 – 571	132,400
Elongación última, (%)	9,800	
Módulo de elasticidad	8,200 – 9,100	

*Tabla 13: Características del fique.*

*Fuente: (P. GAÑÁN, I. MONDRAGON, 2004)*

Característica	Rama retamo espinoso	Promedio
Resistencia máxima a la tensión (MPa)	39.51	16.47

*Tabla 14: Resistencia máxima a la tensión del retamo espinoso.*

*Fuente: Propia.*

## 9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para tener una mejor visualización de los datos obtenidos podemos ver la tabla 15, esta tabla muestra el resumen del promedio de la resistencia a la tensión de las ramas de retamo espinoso para cada una de las condiciones a las que estuvo sometida, entre ellas el tiempo de secado a temperatura ambiente, tiempo en condiciones húmedas, el diámetro y la tensión promedio con su respectiva desviación. Se obtiene que la mayor tensión resistida por las ramas de retamo espinos fue de 39.51 MPa para el diámetro de 2 mm en condiciones secas en el horno durante 24 horas y la resistencia menor fue de 2.71 MPa para el diámetro de 2 mm en condiciones de humedad durante 2 meses y un mes de secado a temperatura ambiente.

TIEMPO DE SECADO (SEMANAS)	TIEMPO EN CONDICIONES HÚMEDAS (SEMANAS)	DIÁMETRO (mm)	TENSIÓN PROMEDIO (MPa)
1	0	2	$24.71 \pm 4.58$
1	0	5	$24.59 \pm 2.86$
1	0	7	$21.35 \pm 4.31$
1	4	2	$8.69 \pm 2.16$
1	4	5	$13.53 \pm 1.21$
1	4	7	$13.28 \pm 2.03$
1	8	2	$7.88 \pm 2.01$
1	8	5	$10.41 \pm 0.73$
1	8	7	$9.27 \pm 0.41$
2	0	2	$30.25 \pm 4.91$
2	0	5	$26.05 \pm 4.77$
2	0	7	$27.53 \pm 4.09$
2	4	2	$4.05 \pm 2.68$
2	4	5	$10.34 \pm 1.09$
2	4	7	$9.57 \pm 2.20$
2	8	2	$3.45 \pm 1.21$
2	8	5	$8.19 \pm 1.91$
2	8	7	$8.88 \pm 1.48$
4	0	2	$36.35 \pm 1.89$
4	0	5	$27.81 \pm 4.16$
4	0	7	$29.70 \pm 4.71$
4	4	2	$5.26 \pm 2.21$
4	4	5	$10.78 \pm 0.93$
4	4	7	$8.65 \pm 1.07$
4	8	2	$2.71 \pm 1.14$
4	8	5	$9.95 \pm 1.87$
4	8	7	$7.30 \pm 1.83$
0.14	0	2	$39.51 \pm 2.42$
0.14	0	5	$27.21 \pm 2.51$
0.14	0	7	$26.94 \pm 2.12$

Tabla 15: Tabla resumen del promedio de la tensión para todas las muestras, con los diferentes tiempos de secado.

Fuente: Propia.

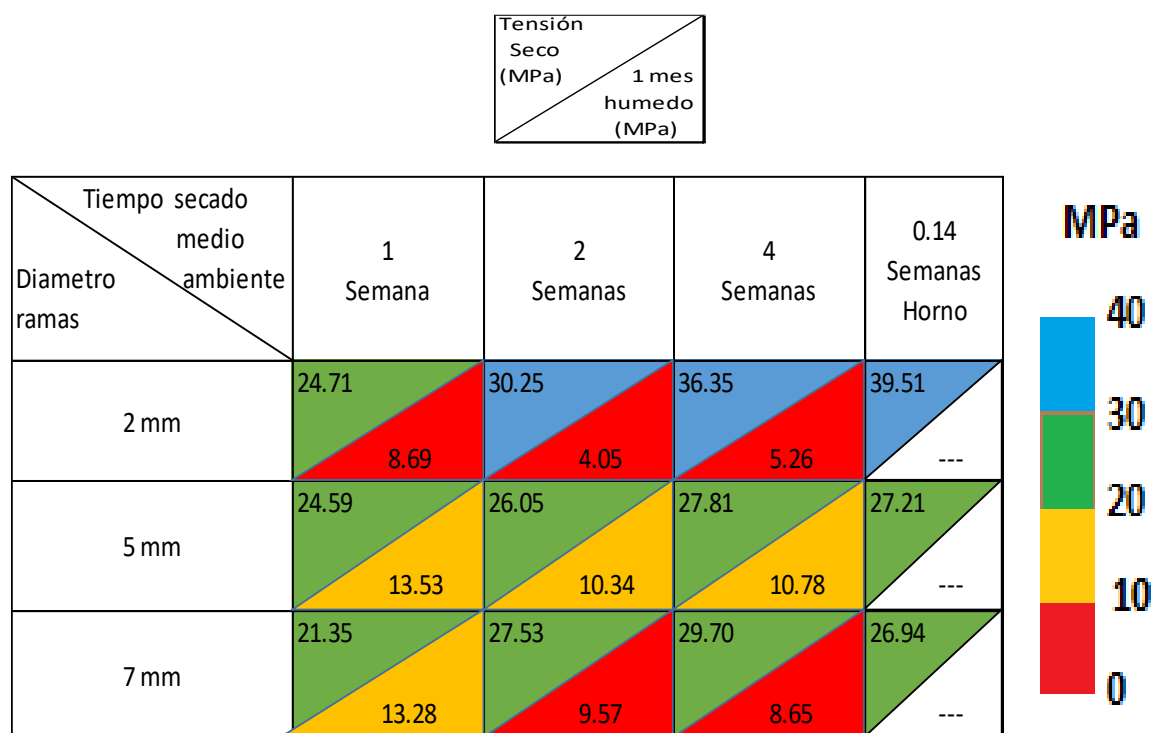
Con la tabla 17 se da una clasificación según la resistencia a la tensión de las ramas de retamo espinoso, variando según los rangos establecidos, estos rangos que se tomaron para dar una clasificación, solo son tenidos en cuenta para esta investigación facilitando la mejor visualización de los valores obtenidos por los ensayos de tensión y asignándole un color para apreciar fácilmente el comportamiento que presentó la tensión en las ramas como se ilustra en la tabla 16, esta tabla permite visualizar los valores de tensión de las ramas de retamo espinoso según el tiempo de secado y diámetro, se pudo analizar que la resistencia que alcanzo las ramas en condiciones secas llegaron a un nivel medio con un máximo de 29.70 MPa, y en condiciones de humedad a una resistencia de 13.53 MPa. También se observa que para el diámetro de 2 mm los resultados están muy bajos ya que están en color rojo y azul en su mayoría por lo que allí se encuentran los de menor resistencia a la tensión con datos de 4.05 MPa, por otra parte para los diámetros de 7 mm también se encuentran resultados en rojo; es decir que en general el diámetro óptimo para una resistencia a la tensión es el de 5 mm.

Clasificación según la resistencia a la tensión	
Condición	Valores (MPa)
Alto	> 30
Medio	20.1 - 30
Bajo	10.1 - 20
Muy bajo	< 10.1

*Tabla 16: Clasificación resistencia a la tensión.*

*Fuente: Propia.*

Con los datos obtenidos de la resistencia a la tensión de las ramas de retamo, se realizó un análisis de los escenarios posibles, de esta manera se evidencia un patrón o comportamiento de la tensión, evaluando los tiempos de secado a temperatura ambiente respecto a los diferentes diámetros como se puede apreciar en la tabla 16, esta tabla recopila los valores de tensión que puede alcanzar las ramas de retamo espinoso en condiciones secas y con un mes bajo tierra en condiciones húmedas.



*Tabla 17: Valores de tensión de las ramas de retamos según tiempo de secado y diámetro.*

*Fuente: Propia.*

Haciendo un análisis más crítico se pudo afirmar que los datos arrojados por la maquina universal presentaron grandes variaciones debido a que el agarre de las mordazas con las ramas de retamo espinoso no siempre se lograba en las mismas condiciones, ya que en ocasiones las mordazas no lograban hacer un buen ajuste de la rama, lo cual permitía que la muestra de retamo se deslizara; en otras oportunidades la fuerza que ejerce esta



mordaza rompía la rama de retamo, para dar un dato más preciso y confiable se debería buscar la forma de tener un agarre más seguro de las muestra de retamo espinoso.

Para un mejor análisis y comparación con los agromantos se debe tener en cuenta otras propiedades mecánicas como la elongación, rigidez. También propiedades de desempeño como esfuerzo cortante, velocidad admisible y longevidad funcional.

## 10 CONCLUSIONES

Se determinó y se presentó la resistencia a la que pueden llegar las ramas de retamo espinoso (*Ulex Europaeus* L.), con una resistencia máxima de 39.51 MPa para diámetros de 2 mm con un secado al horno a 60 grados Celsius durante 24 horas y dándoles un análisis para dar respuesta al objetivo principal del proyecto, se concluye que esta ramas no son igual de resistentes a las fibras de fique por lo que se puede decir que no alcanzan la resistencia mínima que puede llegar a resistir el fique, por tanto el retamo espinoso no tiene el mismo potencial que tienen las fibras fique.

Por otra parte se puede decir que las ramas de retamo espinoso pueden llegar a ser mucho más resistentes a la tensión que otras raíces de otras especies de plantas, por lo tanto esto nos dice que sirven para mejorar la resistencia de los suelos con base en la *tabla 12*.

A partir de los datos obtenidos de tensión y observando el comportamiento de las ramas que estuvieron en condiciones de humedad éstas se ven afectadas por la presencia del agua, generando una disminución importante en la resistencia en más de un 50% de la capacidad en condiciones secas, por tanto este es un punto importante ya que este comportamiento nos puede decir que esta planta se biodegrada fácilmente, y no se estaría generando algún impacto negativo y de contaminación al medio ambiente.

De acuerdo con datos experimentales de tipos de maderas, el retamo espinoso se puede considerar una madera blanda por la resistencia que llegó alcanzar en los ensayos, por otra parte según el análisis realizado se puede recomendar los diámetros de 5 mm, ya que estos son los que mejores resultados presentaron en general, es decir son los más óptimos de los diámetros evaluados (*ver tabla 16*).

## 11 RECOMENDACIONES

Para trabajos futuros es importante evaluar propiedades mecánicas de los agromantos como lo son la elongación y la rigidez, y propiedades de desempeño como lo son el esfuerzo cortante, velocidad admisible y la longevidad funcional del material. Teniendo en cuenta estas propiedades se puede determinar con mayor precisión si el retamo espinoso tiene algún potencial como materia prima para la elaboración de dichos agromantos. Por otra parte al momento de preparar las muestras quitándole las espinas, esta es una labor ardua; se podría implementar un mecanismo que facilite esta labor.

Debido al comportamiento que mostro el retamo espinoso en condiciones secas, se puede recomendar para ser usada en zonas del país en donde el clima o medio ambiente tienen condiciones secas, ya que esta rama presenta una gran resistencia a mayor tiempo de secado.

Debido a que la resistencia de las ramas de retamo espinoso en condiciones secas, se recomienda hacer una malla de retamo y evaluarla en un talud que se encuentre en condiciones secas, ya que esta es la condición donde su resistencia es mayor.

Para tener una mejor información de la germinación del retamo espinoso recomiendo hacer un seguimiento a la planta para saber con más precisión cuanto tiempo dura en crecer el retamo espinoso y saber si podría cubrir la demanda para la fabricación de dichos agromantos.

Finalmente se recomienda evaluar esta rama en otras condiciones como es agregarle algún tipo de resina para ver si su resistencia puede aumentar, teniendo en cuenta si se aplica

antes o después del secado; también se recomienda hacer una malla de ramas de retamo espinoso y hacerle el ensayo de tensión para ver cómo se comporta como un manto.

## 12 BIBLIOGRAFIA

AGROMÁTICA. (2012). *Acolchado del huerto (mulching)*. Obtenido de

<http://www.agromatic.es/acolchado-del-huerto-mulching/>

ARQHYS, R. (20 de 06 de 2017). *Características de la madera*. Obtenido de

Características de la madera: <http://www.arqhys.com/construccion/madera-caracteristicas.html>

Cabanzo, A. A. (2011). *LÍNEA DE ESPECIES INVASORAS*. PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD JAVERIANA.

Catalina Gómez Hoyos, Vera A. Alvarez. (2012). Fique Fibers: Enhancement of the Tensile  
Strength of Alkali Treated Fibers. Obtenido de Fique Fibers: Enhancement of the  
Tensile Strength of Alkali Treated Fibers:

[http://download.springer.com.hemeroteca.lasalle.edu.co/static/pdf/30/art%253A10.1](http://download.springer.com.hemeroteca.lasalle.edu.co/static/pdf/30/art%253A10.1007%252Fs12221-012-0632-)  
[007%252Fs12221-012-0632-](http://download.springer.com.hemeroteca.lasalle.edu.co/static/pdf/30/art%253A10.1007%252Fs12221-012-0632-)

[8.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs1](http://download.springer.com.hemeroteca.lasalle.edu.co/static/pdf/30/art%253A10.1007%252Fs12221-012-0632-)  
[2221-012-0632-](http://download.springer.com.hemeroteca.lasalle.edu.co/static/pdf/30/art%253A10.1007%252Fs12221-012-0632-)

[8&token2=exp=1492539264~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F30%2Fart%25253A10.1](http://download.springer.com.hemeroteca.lasalle.edu.co/static/pdf/30/art%253A10.1007%252Fs12221-012-0632-8&token2=exp=1492539264~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F30%2Fart%25253A10.1)

contrucción, D. d. (2002). *Taller de Construcción*. Montevideo, Uruguay.

dEPAR. (s.f.).

Ecofondo. (2013). *ecofondo.org*. Obtenido de ecofondo.org:

<http://ecofondo.org.co/articulo.php?id=71>

HERRERA, J. S. (04 de mayo de 2015). Colombia se queda sin piel: erosión afecta a casi  
medio país. *El Tiempo*.

Omar Franco Torres, Reinaldo Sánchez López, Carlos Eduardo Gómez Sánchez, Javier  
Otero García, José Alejandro Salamanca García. (2015). *Estudio nacional de la*  
*degradación de suelos en Colombia 2015*. Andrés David Barragán Montaña.

P. GAÑÁN, I. MONDRAGON. (2004). Fique fiber-reinforced polyester  
composites: Effects of fiber surface treatments on mechanical behavior. *Fique fiber-*

*reinforced polyester composites: Effects of fiber surface treatments on mechanical behavior.*

Pasiecznik, N. (2017). *Ulex europaeus (gorse)*. Francia.

PAVCO. (septiembre de 2012). *CONTROL DE EROSION*. Obtenido de CONTROL DE EROSION: <https://pavco.com.co/2/control-de-erosion/5-228-311/i/311>

PAVCO. (2013). *Refuerzo de Vías*. Obtenido de <https://pavco.com.co/21/refuerzo-de-vias/5-47-406/i/406>

PAVCO. (S.F.). *Refuerzo de Vías*.

Suarez, J. (2012). Deslizamientos: Técnicas de Remediación. En J. Suarez, *Deslizamientos: Técnicas de Remediación (capítulo 9)* (pág. 22).

TELLO, J. G. (s.f.). *CONTROL DE EROSION UTILIZANDO PRODUCTOS DE FIBRA NATURAL, FIQUE*. Medellín.

Terms, M. (1 de Agosto de 2017). *Manufacturing terms*. Obtenido de Manufacturing terms: [http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Tensile-strength-\(TS\).html](http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Tensile-strength-(TS).html)

## 13 ANEXOS

Se encuentran en el CD.